

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО**

**І. К. Галетич**

## **КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

**з дисципліни**

## **«ЕКОЛОГІЯ»**

(для студентів денної і заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, напряму підготовки 6.050701 - «Електротехніка та електротехнології»)

**ХАРКІВ  
ХНАМГ  
2011**

**Галетич І.К.** Конспект лекцій з дисципліни «Екологія» (для студентів денної і заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, напрямку підготовки 6.050701 – «Електротехніка та електротехнології») / І. К. Галетич; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 130 с.

Автор: І.К. Галетич

Рецензент: доц. кафедри ІЕМ, канд. техн. наук К. Д. Бригінець

Затверджено на засіданні кафедри інженерної екології міст (протокол № 1 від 29.08.2008 р.)

# ЗМІСТ

стор.

<b>Вступ</b> .....	5
--------------------	---

## **Модуль 1. ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ**

<b>Змістовий модуль 1.1. Основи теоретичної екології</b> .....	6
<b>Тема 1. Поняття екології як науки</b> .....	6
1.1. Найважливіше завдання екології, головний предмет досліджень. . . .	6
1.2. Взаємодія людини та природного середовища. ....	7
<b>Тема 2. Природні екологічні системи</b> .....	10
2.1. Екологічні фактори, їх вплив на існування й розвиток організмів. . .	10
2.2. Екосистеми, біогеоценоз, біом. ....	15
2.3. Трофічні ланцюги. ....	17
2.4. Біологічна стійкість і продуктивність екосистем. ....	18
<b>Тема 3. Біосфера – глобальна екосистема Землі</b> .....	21
3.1. Біосфера як одна із оболонок Землі, склад і мережі біосфери. ....	21
3.2. Біологічний, геологічний кругообіги речовин в природі, кругообіг води. ....	36
3.3. Цілісність біосфери як глобальної екосистеми Землі. ....	39
<b>Тема 4. Біологічна різноманітність Землі. Ноосфера як нова стадія     еволюції біосфери</b> .....	40
<b>Змістовий модуль 1.2. Прикладні аспекти екології</b> .....	41
<b>Тема 5. Види забруднення навколишнього середовища</b> .....	41
5.1. Природне і антропогенне забруднення. ....	41
5.2. Фізичне, механічне, біологічне, геологічне, хімічне антропогенні забруднення. ....	42
<b>Тема 6. Екологічні проблеми енергетики</b> .....	65
6.1. Джерела енергії. Традиційна енергетика. Екологічне проблеми теплової, атомної та гідроенергетики. ....	65
6.2. Альтернативні джерела енергії. ....	69
<b>Тема 7. Антропогенний вплив на навколишнє середовище</b> .....	72
7.1. Антропогенний вплив на атмосферу, основні забруднюючі речовини, їх походження. ....	72
7.2. Антропогенний вплив на ґрунти та його наслідки. Деградація ґрунтів. ....	92
7.3. Антропогенний вплив на гідросферу і його наслідки. ....	97

<b>Тема 8. Основні принципи охорони навколишнього середовища. . . . .</b>	<b>102</b>
8.1. Ресурсозбереження, безвідходні і маловідходні технології, утилізація відходів, екологізація виробництва. . . . .	102
8.2. Нормування якості навколишнього середовища. . . . .	104
8.3. Методи очищення пило-газових викидів у повітря, архітектурно-планувальні заходи. . . . .	108
8.4. Захист ґрунтів від ерозії, засолення, механічного руйнування. . . . .	110
8.5. Рациональне використання водних ресурсів, методи очистки стічних вод, водоохоронні зони. . . . .	113
8.6. Захист від шкідливих впливів фізичної природи. . . . .	115
<b>Список літератури. . . . .</b>	<b>129</b>

## ВСТУП

До найактуальніших проблем сьогодення, від яких залежить існування людства, є екологічні проблеми. Для їх вирішення, перш за все, необхідні нові підходи до природного середовища.

Із розвитком цивілізації та науково-технічного прогресу, обсягів виробництва та його відходів проблеми стосунків між природою і суспільством дедалі загострюються. Спричинений економічними, політичними та серйозними екологічними прорахунками стан природного середовища України оцінюється фахівцями як критичний.

В Україні загинули сотні малих річок, деградують Чорне та Азовське моря, забруднений водосховищами Дніпро, знищена значна частина лісів у Карпатах, еродовані ґрунти, забруднені промисловими і автомобільними викидами великі міста тощо.

Ліквідація глобальної екологічної кризи є на сьогодні найважливішим завданням людства. Велике значення для його розв'язання має організація всебічної екологічної освіти, виховання екологічної свідомості студентів.

Все це зумовлює актуальність вивчення дисципліни «Основи екології», яка є базовою дисципліною для підготовки спеціалістів за спеціальностями 6.090600 - «Світлотехніка і джерела світла» та «Електротехнічні системи електроспоживання». Метою вивчення дисципліни «Основи екології» є засвоєння основних законів і закономірностей антропогенного впливу на біосферу, а також виховання відповідального ставлення до охорони довкілля і здоров'я людини.

У лекціях висвітлюють основні положення курсу, найбільш важливі питання екології, а також проблеми практичного застосування екологічних знань. Конспектування лекційного матеріалу сприяє найкращому засвоєнню знань, спрощує процес підготовки до практичних та семінарських занять.

# Модуль 1. ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ

## Змістовий модуль 1.1. Основи теоретичної екології

### *Тема 1. Поняття екології як науки*

#### **1.1. Найважливіше завдання екології, головний предмет досліджень.**

Слово екологія походить від двох грецьких слів “ойкос”, що означає будинок, житло і “логос”- наука. Вперше слово екологія вжив німецький біолог Ернст Геккель в 1866 році, коли запропонував назвати екологією розділ зоології про відносини між живими організмами і навколишнім середовищем.

Як самостійна наука екологія виникла в кінці 19 століття.

*Екологія* – наука, що вивчає умови існування живих організмів і взаємозв'язок між живими організмами і середовищем, у якому вони мешкають.

До середини 20 століття на екологію дивилися як на один з підрозділів біології, але поступово вона вийшла за її рамки.

Особливо велике значення останнім часом приділяється проблемам взаємовідносин людини з навколишнім середовищем. Це пов'язано з різким посиленням взаємного негативного впливу людини і середовища, у зв'язку з негативними наслідками науково-технічного прогресу.

У наш час *екологія* не обмежується рамками біологічної дисципліни, вона є міждисциплінарною наукою, що вивчає складні взаємини людини з навколишнім середовищем.

*Екологія* розділяється на *теоретичну* або *загальну* екологію і *прикладну*.

*Загальна екологія* розглядає біологічні аспекти екології. У складі загальної екології виділяють наступні головні розділи:

— *аутекологію*, яка досліджує індивідуальні зв'язки окремого організму (виду, особи) з навколишнім середовищем;

— *синекологію* (*біоценологію*), яка вивчає взаємини популяцій, співтовариств і екосистем з середовищем.

Для всіх цих напрямів головним є вивчення виживання живих істот в навколишньому середовищі.

*Прикладна екологія* вивчає механізми руйнування біосфери людиною, способи запобігання цьому процесу і розробляє принципи раціонального використання природних ресурсів.

Прикладна екологія включає інженерну, промислову, сільсько-господарську екологію, екологію енергетики та інші науки.

*Об'єктом* дослідження екології є природні екологічні системи і створені людиною системи (екологічні системи – єдині природні комплекси, утворені живими організмами і місцем їх існування).

*Завдання екології* різноманітні.

*Основні завдання загальної екології:* дослідження зв'язків у екосистемах, оцінка їх стану, дослідження процесів що протікають в біосфері з метою підтримки її стійкості, моделювання стану екосистем і глобальних біологічних процесів.

*Основні прикладні завдання,* які екологія повинна вирішувати в наш час наступні:

- прогнозування і оцінка можливих негативних наслідків в навколишньому середовищі під впливом діяльності людини;
- поліпшення якості навколишнього природного середовища інженерними методами;
- збереження, відтворення, і раціональне використання природних ресурсів.

*Сучасна екологія* тісно пов'язана з політикою, економікою, правом, психологією, медициною, геологією, технічними і іншими науками.

Таким чином, екологія стає однією з найважливіших наук сучасності і від її прогресу, можливо, буде залежати саме існування людини на землі.

## 1.2. Взаємодія людини та природного середовища.

Мільярди років геосфера нашої планети уявляла собою абіотичне (неживе) середовище, у якому кругообіг речовин відбувався у вигляді хімічних і фізичних процесів. На нашій планеті тоді не було життя.

Перші залишки ознак життя на землі знайдені в шарах літосфери, що утворилися близько 3,5 – 4 млрд. років тому.

Сучасний вигляд нашої планети - це результат діяльності живих організмів. Завдяки постійній їх взаємодії з мінеральними елементами середовища виникла біосфера.

Сучасний склад атмосфери значно відрізняється від первинного. Первинна атмосфера майже не містила кисню, була багата вуглекислим газом, метаном, воднем, парами води, різними сполуками азоту. У зв'язку з фотосинтезом рослин і деяких бактерій, що переробляють вуглекислий газ на органічні речовини, газовий склад атмосфери поступово змінювався до сучасного. Живі організми також впливали на мінерали, що сприяло утворенню ґрунтів. Поступово за мільярди років безперервної роботи живих організмів змінилися склад і структура земної поверхні.

З появою людини на Землі почався вплив її діяльності на біосферу, що сформувалася.

Історію взаємин суспільства і природи умовно можна поділити на чотири стадії взаємин.

*Перша стадія* – від моменту виникнення людини до пізнього палеоліту (близько 40 тис. років тому). У цей період люди жили невеликими племенами, полювали на диких тварин, збирали насіння. Основним джерелом енергії була м'язова сила людини. Первісні люди, які користувалися примітивними знаряддями праці, вписувалися в природне середовище не порушуючи його рівноваги.

*Друга стадія* – від пізнього палеоліту до XVIII століття. У цей період людина стала причиною зникнення деяких видів тварин (мамонт, гігантський олень, шерстистий носоріг, печерний ведмідь і ін.). Інтенсивно починає



розвиватися землеробство, скотарство, ремесла, будівництво поселень. Найбільший вплив на природу мало використання вогню, випалювання значних територій лісів для сільського господарства та будівництва. Випалювання рослинності призвело до значних змін складу флори, фауни.

Слід зазначити, що *наша планета напочатку цього періоду була на 90 – 95 % вкрита лісами*, а наприкінці – менш ніж на 50%.

Невміле використання земель, зрошування, безжалісна експлуатація призводили до виснаження, засолення ґрунтів, зниження родючості.

Колишня колиска цивілізації - південь Палестини, Північні райони Сирії, Месопотамії та колишній центр цивілізації Середня Азія – нині зона пустель.

*Третя стадія* (XVIII – середина XX століть) – період активного розвитку науки, техніки, енергетики, зростання чисельності населення, хижацького використання природних ресурсів. Основними принципами розвитку суспільства в цей період були боротьба з природою, підкорення її, панування над нею і упевненість, що природні ресурси невичерпні.

*Четверта стадія* (середина XX століть – теперішній час) характеризується розвитком глобальної екологічної кризи. Людина стала могутньою геологічною силою на нашій планеті. Різко зросла чисельність населення земної кулі, масштаби людської діяльності перевершили масштаби впливу могутніх стихійних явищ. Під забудову вилучаються всі великі площі родючих земель, виснажуються природні ресурси, масово вирубуються ліси, зникають усе нові й нові види тварин і рослин, збіднюється генофонд планети. Забруднюються атмосферне повітря, вода, ґрунти, рослинність, утворюється величезна кількість відходів, які не переробляються. Негативні наслідки нераціональної господарської діяльності виражаються у величезних економічних втратах.

## **Тема 2. Природні екологічні системи**

### **2.1. Екологічні фактори, їх вплив на існування і розвиток організмів.**

«Середовище існування організму» – сукупність умов його життя. Властивості середовища постійно змінюються, і будь-який організм пристосовується до цих змін, щоб вижити.

«Навколишнє середовище» – середовище тою або іншою мірою змінене людиною.

«Природне середовище» - середовище не змінене людиною або змінене найменшою мірою.

У загальній екології мова йде про природне середовище та середовище існування організму, а в прикладній екології – про навколишнє середовище.

*Екологічні чинники* – це певні умови і елементи середовища, які специфічно діють на живі організми, а живі організми реагують на них пристосовними реакціями.

*Екологічні чинники поділяють* на чинники живої природи – біотичні та неживої природи – абіотичні та антропогенні зумовлені діяльністю людини.

*Пристосовні реакції* у живих організмів визначаються ступенем постійності впливу цих чинників або їх періодичністю.

Існують *первинні* і *вторинні*, періодичні і неперіодичні екологічні чинники. *Первинні* періодичні чинники – явища пов'язані з сонячною енергією і обертанням Землі. Наприклад, зміна періодів року, добова зміна освітленості – чинники, які діяли ще до появи життя на Землі. Живі організми які виникли, до них адаптувалися. *Вторинні* періодичні чинники є наслідком *первинних*: освітленість, вологість, осідання, газовий склад атмосфери, температура, рух повітряних мас і т. д.

До *неперіодичних* чинників відносять стихійні явища і антропогенний вплив на навколишнє середовище. Наприклад, коли промислові підприємства забруднюють довкілля, живі організми не в змозі пристосуватися до рівнів і режимів такого впливу і гинуть.

*Лімітуючі екологічні чинники* – ті, які обмежують розвиток організмів через нестачу або надлишок їх порівняно з оптимальним. Наприклад, при недостатності або надлишку в ґрунті одного з корисних компонентів знижується врожай.

### **Абіотичні екологічні чинники.**

До абиотичних екологічних чинників відносять *кліматичні, ґрунтові, топографічні та чинники водного середовища* і т. ін.

Найголовніші кліматичні чинники:

*Промениста енергія Сонця.* Сонце є першоджерелом енергії екологічних систем, яка приходить на Землю у вигляді електромагнітних хвиль. Близько 40 % цієї енергії відразу ж відбивається хмарами, атмосферними газами, пилом, поверхнею Землі без теплового ефекту. Енергія сонця, що досягає земної поверхні, складається з ультрафіолетового випромінювання, видимого світла та інфрачервоного випромінювання.

Ультрафіолетове випромінювання з довжиною хвилі 0,2 – 0,4 мкм називають біологічно активним ультрафіолетом (БАУ); інтервали довжини хвилі 0,2 – 0,3 мкм називають жорстке БАУ; 0,32 – 0,4 мкм – м'яке БАУ. Жорстке БАУ згубне для всього живого і воно затримується озоновим шаром на висоті близько 25 км. М'яке БАУ сягає до земної поверхні, до нього живі організми адаптувалися, воно бере участь в процесі фотосинтезу рослинності, має бактерицидні властивості.

В цілому у процесі фотосинтезу використовується тільки близько 1% сонячної енергії, решта енергії поглинається Землею, перетворюється на тепло, яке витрачається на підтримку температури, випаровування, опади, вітер і поступово розсіюється у світовий простір.

Земля знаходиться в стані енергетичної рівноваги. Будь-який екологічний чинник, що уповільнює вихід цієї енергії в космос, призводить до підвищення температури на Землі.

З іншого боку, збільшення кількості забруднювачів в атмосфері (газів, пилу) збільшує кількість відбитої енергії.

Інші кліматичні чинники тісно пов'язані з сонячною енергією. Основними з них є *температура, опади, газовий склад атмосфери, рух повітряних мас, освітленість*.

*Температура* є найважливішим лімітуючим чинником, який впливає на розповсюдження живих організмів. Деякі організми можуть жити і існувати за дуже низьких температур, знаходячись в стані спокою, інші – можуть жити і розмножуватися при температурі близькій до точки кипіння (окремі види бактерій). Температура впливає на інтенсивність фотосинтезу, перебіг кореневого живлення рослинності.

*Опади*. Ще одним лімітуючим чинником є розподіл опадів за сезонами року. Навіть за достатньої кількості річних опадів їх нерівномірний розподіл може призвести до загибелі рослин від засухи або перезволоження.

*Склад повітря* забезпечує живим організмам дихання і фотосинтез.

*Рух повітряних мас* забезпечує перемішування повітря, розселення спор, пилку, насіння, мікроорганізмів.

### **Екологічні чинники ґрунтового покриву.**

*Ґрунт* це продукт фізичного, хімічного, біологічного перетворення гірських порід в результаті складної взаємодії клімату, рослинності, тварин і мікроорганізмів. Ґрунт складається з твердих, рідких, газоподібних і живих компонентів.

Твердий компонент містить мінеральну і органічну частини. Мінеральна частина – складова гірських порід, на яких сформувався ґрунт. Органічна частина включає *детрит* та *гумус*.

*Детрит* – мертві рослинні і тваринні залишки (опале листя, відмерле коріння, трупи і фекалії тварин).

*Гумус* – складна органічна речовина, утворена в результаті розкладання детриту мікроорганізмами – це головний чинник родючості.

Основні мінеральні живильні речовини ґрунтів називають *біогенами* - *нітроген у формі нітратів, фосфор у формі фосфатів і калій*. Джерелами їх є породи, на яких формуються ґрунти, вони засвоюються рослинністю і повертаються до ґрунту з детритом.

*Газоподібний компонент ґрунтів* – ґрунтове повітря, яке значно відрізняється від атмосферного - у ньому менше кисню, більше вуглекислого газу. Склад ґрунтового газу залежить від типу ґрунтів, кліматичних умов, вологості, типу вирощуваних культур.

*Рідкий компонент ґрунтів* – ґрунтовий розчин - містить в своєму складі біогени, органічні кислоти, солі, цукри. Важливим показником ґрунтового розчину є кислотність, яка виражається водневим показником рН. Найбільш сприятливим для рослин і ґрунтових тварин є нейтральне середовище за рН=7 (рН <7 кисле середовище; рН >7 лужне середовище).

*Ґрунтова біота* представлена *фауною і флорою*. *Фауна* – дощові черв'яки, земляні кліщі, нематоди та ін., які перерозподіляють гумус та біогени, підвищуючи родючість ґрунтів. *Флора* – це гриби, бактерії, водорості, які переробляють органіку до початкових неорганічних складових. Ґрунт, з одного боку, є місцем існування для них, з іншого боку, живі організми виступають як його невід'ємний компонент. Живі організми ґрунтів складають близько 95 % усього тваринного світу Землі.

### **Абіотичні чинники водного середовища.**

Водна оболонка Землі називається *гідросферою*. Вона включає океани, моря, річки, озера, болота, підземні води.

Вода має цілу низку особливостей, які впливають на будову і життєдіяльність організмів, що живуть у ній.

*Рухливість*. Завдяки цій властивості відбувається постійне перемішування водних мас. *Гідросфера* тісно пов'язана з *атмосферою* при випаровуванні води і з *літосферою* завдяки опадам, поверхневому стоку і підземним водам.

*Температурна стратифікація* – зміна температури по глибині водного об'єкта, характеризується зниженням температури з глибиною в теплу пору року і підвищенням – в холодну пору року. *Періодична зміна температури* буває добова, сезонна, річна.

*Прозорість води* визначає світловий режим під її поверхнею. Від неї залежить фотосинтез водної рослинності, а отже накопичення органічних речовин, збагачення глибинних вод киснем.

*Солоність води* – вміст у ній розчинних солей. Головними природними джерелами солей у водних об'єктах є підземні і поверхневі води, які виносять розчинені мінерали з гірських порід і ґрунтів. Солоність є одним з головних чинників у розподілі живих організмів, продуктивності водоймищ, багато організмів дуже чутливі до незначних її змін. Солоність вод може змінюватися у великих межах.

Одиницею вимірювання солоності є проміле – ‰ (1 грам солей в 1дм<sup>3</sup> води). Прісні води містять солей до 1‰; середня океанічна солоність складає біля 35‰; Азовського моря – 9 – 10‰; Балтійського моря – 6 – 8‰.

*Вміст розчиненого кисню.* Основними джерелами надходження кисню у водне середовище є атмосфера при вітровому хвилеутворенні і перемішуванні водних мас, дощові і снігові опади, виробництво кисню при фотосинтезі водної рослинності. Кисень витрачається на окислення органічних і мінеральних речовин, дихання живих організмів.

При скиданні великої кількості забруднюючих речовин у водні об'єкти, може відбутися збіднення киснем і масова загибель живих організмів.

*Водневий показник (pH)* має велике значення для хімічних і біологічних процесів, що мають місце в природних водах. Від *pH* залежить життєдіяльність живих організмів, які дуже чутливі до цього показника і при зміні його гинуть або замінюються іншими видами.

*Біотичні екологічні чинники* – сукупність впливів життєдіяльності одних організмів на життєдіяльність інших, а також на неживе середовище існування.

Основними формами взаємин живих організмів є *хижацтво, паразитизм, конкуренція*.

Паразити і хижаки є *чинниками середовища* відносно своїх господарів, вони взаємно необхідні один одному. У процесі їх складних взаємин здійснюється природний відбір і пристосовна мінливість. Зникнення природного ворога з екологічної системи може призвести до вимирання того виду, за рахунок якого розвивається цей ворог. Усі ці обставини необхідно враховувати при проведенні заходів щодо управління екологічними системами, враховувати наслідки знищення хижаків або переселення тварин або рослин.

До *антропогенних екологічних чинників* відносять господарську діяльність людини: вирубка лісів, видобуток корисних копалин, створення водосховищ і ін.

## **2.2. Екосистеми, біогеоценоз, біом.**

*Система* – це реальний об'єкт або уявний об'єкт, цілісні властивості якого можуть бути представлені як результат взаємодії частин, що його складають. Основні властивості системи – це *єдність, цілісність і взаємозв'язки* між її компонентами.

*Екосистема* – сукупність спільно існуючих різних видів організмів і умов їх існування, що знаходяться в закономірному взаємозв'язку. Прикладами екосистем можуть бути луг, ліс, океан, стовбур гниючого дерева, біологічні ставки очищення стічних вод тощо.

Одним з видів екосистеми є *біогеоценоз* – це суто наземна екосистема, тобто природна екосистема на поверхні Землі (річка, луг, ліс і так далі). Будь-який біогеоценоз є екосистемою, але не всяка екосистема може бути біогеоценозом.

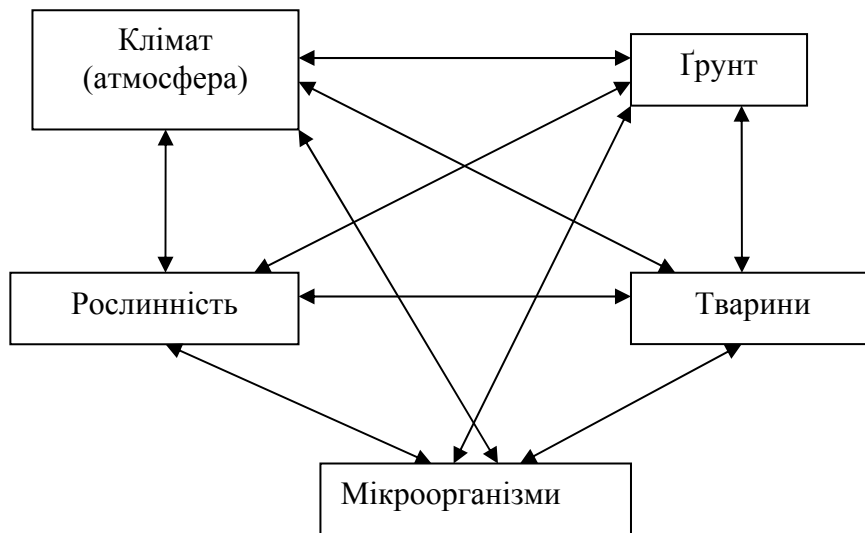


Рис. 2.1 - Схема екосистеми лісу

*Головна властивість екосистеми* – взаємозв'язок і взаємозалежність усіх її компонентів. Стрілки на схемі (рис. 2.1) показують цей взаємозв'язок для лісової екосистеми.

Від клімату залежить водний, повітряний, температурний режими ґрунтів, тип рослинності, темпи утворення органічних речовин, активність мікроорганізмів. Ґрунт впливає на клімат: у атмосферу з ґрунту виділяється вуглекислий газ, азот, сполуки сірки, метан, сірководень та інші гази. Рослинність з ґрунту бере воду, біогени, гумус, а з атмосфери – вуглекислий газ, сонячну енергію. Вона виділяє до атмосфери кисень, а після її відмирання до ґрунту поступає детрит. Рослинність є живленням для тварин; ґрунт – місцем проживання; продукти життєдіяльності тварин потрапляють у ґрунт, ґрунтові мікроорганізми переробляють їх до початкових елементів: вуглекислого газу, води, гумусу і інших мінеральних сполук.

Таким чином видно, що *екосистема* – це цілісна, функціонуюча, саморегульована система.

Великі наземні екосистеми називають *біомами* (тундра, тайга, дощові тропічні ліси, і ін.). Кожен *біом* складається з безлічі екосистем, пов'язаних між собою.



*Глобальна екосистема* – це біосфера, яка складається з біомів, пов'язаних між собою (біосфера – нижня частина атмосфери, верхня частина літосфери і вся гідросфера, населені живими організмами - місце існування живої речовини). Усі живі істоти і людина зокрема, залежать від її цілісності. Діяльність людини в одному місті може викликати несподівані наслідки в іншому і змінити біосферу, рівновагу якої буде порушено.

### **2.3. Трофічні ланцюги**

Живі організми в екосистемах неоднакові з погляду створення власного тіла. Тварини на відміну від рослин не здатні до фотосинтезу (не можуть будувати власне тіло з мінеральних речовин і безпосередньо використовувати сонячну енергію), а використовують органічну речовину, утворену рослинністю. Травоядні харчуються рослинністю, хижаки – травоядними, ці тварини можуть бути з'їдені іншими тваринами і так далі

*Ланцюг* передачі речовини і еквівалентної їй енергії від одних організмів до інших називається *трофічним* або *харчовим*.

Рослини будують свій організм без посередників, їх називають *автотрофами*. Вони будують його з неорганічних речовин і сонячної енергії і називаються *продуцентами* – це є *перший трофічний рівень*.

*Другий трофічний рівень* утворюють травоядні, *третій, четвертий, п'ятий* – м'ясоїдні тварини, їх називають *гетеротрофами* або *консументами*.

Зазвичай в екосистемі буває 4 – 5 трофічних рівнів, наприклад: дерево – гусениця – синиця – яструб; фітопланктон – зоопланктон – дрібна риба – крупна риба – водоплавний птах.

Трофічні ланцюги, що починаються з фотосинтезуючих організмів, називаються *пасовищними*.

На всіх трофічних рівнях утворюються відходи (опале листя, трупи, фекалії тварин).

Тварин, що харчуються мертвою органікою, називають *детритофагами* (земляні черв'яки, багатоніжки, жуки, мурашки, деякі птахи). Остаточне

розкладання детриту до простих мінеральних сполук здійснюють мікроорганізми, їх називають *редуцентами*.

Трофічні ланцюги, які починаються з *детриту*, називають *детритними*. Детритний ланцюг, також як і пасовищний, має декілька трофічних рівнів. Така послідовність і соподчиненність трофічних рівнів в екосистемах являє основу їх функціонування.

Трофічний ланцюг є також *енергетичним ланцюгом*, оскільки ланцюгом передається сонячна енергія, накопичена в молекулах живих організмів.

Будь-яка кількість органічної речовини еквівалентна деякій кількості енергії. Наприклад, 1г сухої трави відповідає 18,7 кДж, 1г сухого м'яса – 23,5 кДж. Консументи, харчуючись продуцентами, отримують енергію, яка витрачається на будівництво власного тіла, дихання, тепловіддачу, виконання рухів, пошук їжі, порятунк від ворогів тощо. Таким чином, в екосистемі існує безперервний потік енергії, яка розсіюється на кожному рівні і поповнюється надходженням енергії Сонця.

#### **2.4. Біологічна стійкість і продуктивність екосистем**

Одна з найважливіших властивостей екосистем – здатність створювати органічну речовину, яку називають *продукцією*. Утворення *продукції* за одиницю часу (година, доба, рік) на одиницю площі ( $\text{м}^2$ , га) або об'єму (у водних екосистемах) характеризує *продуктивність* екосистем. Продукцію рослин називають *первинною*, тварин – *вторинною*.

Під *біомасою* розуміють усю живу органічну масу, що міститься в екосистемі або її елементах незалежно від того, за який період вона утворилася і накопичилася. *Біомаса* і *продуктивність* зазвичай виражаються через *абсолютно суху вагу*, але можна виражати і в *енергетичних одиницях* – калоріях, джоулях .

Важливим є поняття «*сукцесія*» – послідовна зміна екосистем (біоценозів) в результаті саморозвитку на млявому субстраті або на місці руйнування існуючих екосистем (в цьому випадку сукцесії називають вторинними). Кінцевим результатом є відносно стабільні клімаксові або вузлові екосистеми.

*Популяції*. Розрізняють статеву, вікову, територіальну і інші види структури популяцій. У теоретичному і прикладному планах найбільш важливі дані про вікову структуру, під якою розуміють співвідношення особин різних віків. Під *біотичним потенціалом популяцій* розуміють теоретично можливе потомство від однієї пари при реалізації здатності організмів до біологічно зумовленого розмноження. Цей потенціал тим вище, чим нижче рівень організації організмів і реалізується організмами із значним ступенем повноти тільки в окремих випадках і протягом коротких проміжків часу.

Чисельність особин у популяціях визначається регулюючими чинниками, що працюють за принципом зворотного негативного зв'язку: чим вище чисельність, тим сильніше спрацьовують механізми її зниження і навпаки. Чинники такого типу лежать в основі *гомеостазу популяції* – сукупності механізмів, направлених на усунення або максимальне обмеження дії чинників, що порушують внутрішню динамічну рівновагу системи.

Трофічні структури можна представити графічно у вигляді *екологічних пірамід*. Фундаментом піраміди служить рівень продуцентів, а подальші рівні живлення утворюють поверхи і вершину піраміди.

Відомо три основні типи екологічних пірамід:

- піраміди біомаси, що характеризують масу живої речовини на кожному рівні;
- піраміди енергії, що показують зміну енергії на подальших трофічних рівнях;
- піраміди чисел, що відображають чисельність організмів на кожному рівні.

На рис. 2.2 показана піраміда біомаси наземної екосистеми:



Рис. 2.2 - Піраміда біомаси наземної екосистеми

У наземних екосистемах сумарна маса рослин перевищує масу всіх рослиноїдних, а їх маса перевищує всю біомасу хижаків. Для екосистеми океану піраміда біомаси має перевернутий вигляд, тобто для цієї екосистеми характерна тенденція накопичення біомаси на вищих рівнях.

Піраміда енергії є найдосконалішою – вона відображає витрачання енергії в трофічних ланцюгах. Піраміди чисельности зазвичай роблять у вигляді таблиць.

Знання енергетики екосистеми та її кількісних показників дозволяють точно врахувати можливість вилучення з природної екосистеми тої чи іншої кількості рослинної і тваринної біомаси без підриву її ефективності.

### ***Тема 3. Біосфера – глобальна екосистема Землі***

#### **3.1. Біосфера як одна із оболонок Землі, склад і мережі біосфери**

Засновником вчення про біосферу є В.І.Вернадський. До нього глобальні природні явища, зокрема геологічні процеси, пов'язували з дією фізико-хімічних сил, що об'єднуються терміном «вивітрювання».

Земля складається з концентричних оболонок – (*геосфер*) *внутрішніх* і *зовнішніх*. До *внутрішніх* оболонок відносяться *ядро* і *мантія*, а до *зовнішніх* – *літосфера*, *гідросфера*, *атмосфера* і *біосфера*. В.І.Вернадський показав першорядну перетворюючу роль живих організмів і зумовлених ними механізмів утворення і руйнування геологічних структур, кругообігу речовин, зміни твердої (*літосфери*), водної (*гідросфери*) і повітряної (*атмосфери*) оболонок Землі.

*Літосфера* – кам'яна оболонка Землі – земна кора з товщиною від 6 (під океанами) до 80 км (гірські системи). Земна кора містить найважливіші енергетичні ресурси (вугілля, нафта, сланці, газ), рудні і нерудні корисні копалини.

*Гідросфера* – водна оболонка Землі, її ділять на поверхневу і підземну.

До складу *поверхневої* гідросфери входять води океанів, морей, озер, річок, водосховищ, болот, льодовиків, сніжних покривів і так далі. *Підземна* гідросфера включає води, що знаходяться у верхній частині земної кори які називають *поздемними* водами.

Загальна кількість води на Землі – 1, 39 млрд.км<sup>3</sup>, 97,5% цієї води – солоня вода. Маса прісної води – 35 млн. км<sup>3</sup> – це 2,5% від загальної маси. Близько 75% прісної води знаходиться в твердому поляганні в льодах Антарктиди, Гренландії, гірських льодовиках, айсбергах, в зоні вічної мерзлоти.

*Атмосфера* — це газова оболонка Землі з аерозольними частинками, що містяться в ній, яка рухається разом із Землею в світовому просторі як єдине ціле і одночасно бере участь в обертанні Землі. Маса атмосфери - близько  $5,15 \cdot 10^{15}$  тонн.

Атмосфера є *дисперсною системою*, що складається з механічної суміші повітря з аерозолем. Основними параметрами, що характеризують атмосферу Землі, є: *атмосферний тиск, атмосферна температура, склад атмосфери*.

*Дисперсність* - ступінь роздробленості речовини на частки (чим менше частки, тим більше дисперсність). Дисперсна система або дисперсне середовище - механічна суміш речовин у вигляді малих часток з тим середовищем, у якому вони знаходяться. За характером дисперсного середовища розрізняють: *гідрозолі*, де середовище представлене водою (колоїдні розчини) і *аерозолі*, де найдрібніші крапельки рідини або твердих часток розпорошені і повітрі. Прикладами добре видимих неозброєним оком аерозолів є туман і дим.

Склад атмосфери підтримується життєдіяльністю живих організмів і різноманітними геохімічними явищами глобального масштабу. Атмосфера запобігає різким коливанням температури поверхні планети, зменшує надходження до неї надмірних доз ультрафіолетового випромінювання, є носієм газів, що забезпечують життєві процеси рослин і тварин.

### **Характерні шари атмосфери**

У атмосфері спостерігається просторова зміна всіх характеристик. Найбільш сильна їх зміна відбувається по вертикалі. Наприклад, температура по вертикалі змінюється в декілька сотень разів швидше, ніж по горизонталі. Розглядаючи зміну по вертикалі температури, електричних властивостей, складу і інших характеристик повітря, атмосферу можна розподілити на ряд шарів (сфер). Для розподілення атмосфери на шари (сфери) у вертикальному напрямі використовують декілька ознак: розподіл температури по висоті, склад атмосферного повітря і наявність заряджених часток, взаємодія атмосфери із землею поверхнею, вплив атмосфери на літальні апарати. Найбільш виразна відмінність шарів атмосфери проявляється в характері розподілу температури повітря з висотою. За цією ознакою виділяють п'ять основних сфер: *тропосфера* (у середньому до висоти 11 км), *стратосфера* (від 11 до 50—55 км), *мезосфера* (від 50—55 до 90 км), *термосфера* (від 90 до 450 км) і *екзосфе-ра* (понад 450 км.). Між цими шарами

є прошки відносно малої вертикальної протяжності. Їх прийнято називати за шаром, що пролягає нижче, замінивши в його назві частину слова «сфера» на «пауза». Наприклад, між тропосферою і стратосферою знаходиться тропопауза. Між другими сферами лежать відповідно стратопоауза, мезопоауза і термопоауза.

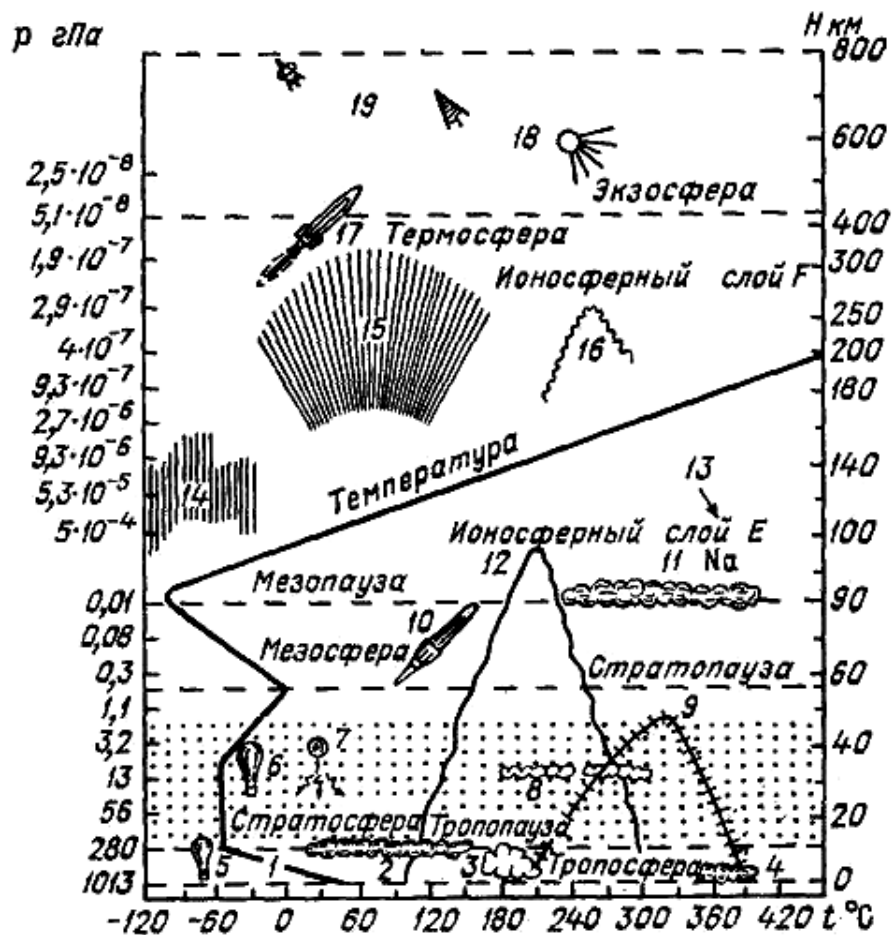


Рис. 3.1 - Будова атмосфери [1]

- 1 - рівень моря, 2 - перисті хмари, 3 - купчасті хмари, 4 - шаруваті хмари,
- 5 - вільний аеростат, 6 - стратостат, 7 - радіозонд, 8 - перламутрові хмари,
- 9 - віддзеркалення звукових хвиль, 10 - метеорологічна ракета, 11 - сріблясті хмари,
- 12 - віддзеркалення середніх радіохвиль, 13 - метеори, 14 і 15 - полярні сйва,
- 16 - віддзеркалення коротких радіохвиль, 17 - геофізична ракета,
- 18 - штучні супутники Землі, 19 - пілотовані космічні кораблі.

*Тропосфера* (по-грецьки «тропос» означає «обертатися та перемішуватися») — найнижчий шар атмосфери, що починається від земної поверхні і часто змінює свої характеристики під її впливом. Її висота залежить від пори року, широти місця і від характеру циркуляції повітря. На одній і тій же широті верхня межа

тропосфери опускається взимку і піднімається влітку. В одній і тій же порі року вертикальна протяжність тропосфери в помірних широтах складає 9-12 км, над полюсами вона зменшується до 8-10 км, а над екватором зростає до 16-18 км. Над зонами підвищеного тиску верхня межа тропосфери опускається, а над зонами зниженого тиску піднімається. У тропосфері спостерігаються переміщення повітря в горизонтальному і вертикальному напрямках, а також інтенсивне його перемішування. У тропосфері зосереджена основна маса водяної пари, відбувається утворення хмар, випадання опадів, спостерігаються інші метеорологічні явища.

Характерна особливість тропосфери — зменшення температури з висотою. *На кожні 100 м висоти температура убуває в середньому на 0,65 °C.* Слово «в середньому» має важливе значення, оскільки зменшення температури з висотою в тропосфері характерне саме для середніх умов: середньомісячних, середнесезонних і так далі. У кожний певний момент часу зменшення температури у всьому шарі може перериватися окремими шарами, де температура може залишатися постійною (*изотермія*) або навіть зростати з висотою (*інверсія*).

Середня річна температура на верхній межі тропосфери складає приблизно (-55 °C), у помірних широтах – (-75 °C), над екватором – (-65 °C), над Північним полюсом від (-23°C) до (-60°C) взимку і (-47 °C) влітку. У тропосфері середньорічна температура в екваторіальних широтах убуває з висотою від (+26°C) біля земної поверхні до (-80°C) у верхній частині тропосфери, в помірних широтах від (+3°C) до (-54°C) – (-58°C) (50° півн.ш.) і над Північним полюсом від (-23°C) до (-60°C) взимку і (-48°C) – влітку.

У тропосфері міститься близько 80% атмосферного повітря, майже 99% водяної пари і найдрібніших частинок домішок, які сприяють утворенню хмар.

Тропосфера характеризується сильним розвитком *турбулентності* і *конвекції*.

*Турбулентність* в атмосфері - форма руху газів, за якої їх частки здійснюють неупоряджене, нестале переміщення по складних, часто змінних траєкторіях, що приводить до інтенсивного вертикального і горизонтального переміщення шарів рухомого газу, тобто до перенесення тепла і зважених частинок.



*Конвекція* в атмосфері - це підйом окремих більш нагрітих від земної поверхні і тому менш щільних мас або струменів повітря з одночасним опусканням більш холодних і тому щільніших мас. Швидкість підйому при конвекції - від одного до 20-30 і більше метрів в секунду. Конвективні струми пронизують всю тропосферу і проникають в стратосферу; вони грають важливу роль в обміні теплотою і вологою між різними шарами атмосфери.

У тропосфері часто зустрічаються температурні інверсії, тобто підвищення температури повітря з висотою у будь-якому шарі. Нижній шар тропосфери (500-1500 м) називають прикордонним шаром атмосфери або шаром тертя, а нижні декілька десятків метрів – приземним шаром атмосфери.

Розрізняють *інверсію в приземному шарі* і *у вільній атмосфері*. У приземному шарі інверсія виникає в безвітряні ночі в результаті інтенсивного випромінювання тепла землею поверхнею, що призводить до охолодження не тільки самої поверхні, але і прилеглого шару повітря. Температурна інверсія спостерігається при *адвекції* (*адвекція* - переміщення повітряних мас в горизонтальному напрямі, що зумовлює перенесення тепла і вологи) теплих повітряних мас над холодними поверхнями (наприклад: снігом, холодними океанічними течіями і ін.).

У вільній атмосфері температурна інверсія пов'язана з осіданням повітря в антициклонах, а також натіканням теплого повітря на розташоване нижче холодне повітря в зонах атмосферних фронтів. Потужність приземних інверсій - десятки метрів, у вільній атмосфері - сотні метрів. Температурні інверсії перешкоджають розвитку вертикальних рухів повітря і сприяють утворенню туману, смогу, хмар, міражів.

У тропосфері постійно формуються характерні повітряні маси і фронти, розвиваються циклони (зони зниженого тиску) і антициклони (зони підвищеного тиску) і інші процеси, визначаючи погоду і клімат. Для нижньої частини тропосфери характерне сильне запилення повітря.

У 1899 р. була відкрита тропопауза – перехідний шар, де вертикальний градієнт температури змінює свій знак. Цей перехідний шар має товщину від

одного до 2-3 км. Тому тропопаузою часто називають верхню поверхню тропосфери. За її нижню межу приймається висота, на якій температура перестає зменшуватися з висотою або починає поволі підвищуватися. На рівнях, близьких до тропопаузи, спостерігаються потоки повітря у вигляді вузьких течій з дуже великими швидкостями (150—300 км/ч). Ці потоки називаються *струменевими течіями*. У тропіках спостерігаються розриви тропопаузи, зумовлені могутнім струменевим перебігом повітряних мас. Розриви тропопаузи можливі також при виверженні вулканів.

Над тропопаузою до висоти близько 50 км тягнеться *стратосфера* (від лат. *stratum* – шар, сфера), що характеризується зростанням температури з висотою. До висоти 35 км. це зростання відбувається дуже повільно (температура там практично постійна - (+45...-75°) залежно від широти і пори року, а вище 35 км. температура швидко зростає і на верхній межі стратосфери досягає середньорічного значення біля 0°C з відхиленням  $\pm 20^\circ\text{C}$ . Зростання температури повітря з висотою у стратосфері пояснюється поглинанням сонячної радіації озоном. Найбільша концентрація озону залежно від широти і пори року і спостерігається на висоті 14-26 км., де щільність озону в 10 разів більшає щільності його у земної поверхні. Це так званий озоновий екран, який затримує велику частину ультрафіолетового випромінювання, згубного у великих дозах для всього живого. На верхній межі стратосфери температура відчуває різкі коливання залежно від пори року і широти місця, пов'язані з коливаннями шару озону.

Водяна пара в стратосфері міститься в дуже малій кількості, тому звичайні хмари в цьому шарі не утворюються. Тільки зрідка на висотах 20—25 км. спостерігаються перламутрові хмари. До недавнього часу вважали, що в стратосфері не відбувається перемішування повітря і вона є вельми спокійним середовищем. Проте нові дані свідчать про те, що в стратосфері також відбуваються інтенсивна циркуляція повітря і його вертикальні переміщення.

Над стратосферою знаходиться перехідний шар, де вертикальний градієнт температури знову змінює свій знак (див. рис. 3.1). Цей шар (ще слабо вивчений) називається *стратопауза*.

Над стратопаузою знаходиться середній шар атмосфери - *мезосфера* ("мезо" – грецькою середній). Тягнеться мезосфера до висоти 80-85 км і характеризується зниженням середньої температури з висотою від 0 °С на межі із стратопаузою до (-90 °С) біля верхньої межі.

Спостереження за рухом метеорних слідів і ракетні дані свідчать про те, що швидкість вітру в мезосфері досягає 150 м/с. Зменшення температури з висотою дає підставу припускати наявність в мезосфері інтенсивного перемішування повітря. У мезосфері на висотах 82-85 км іноді спостерігаються сріблясті хмари. Сріблясті або мезосферні хмари за своєю структурою нагадують перисті хмари верхньої тропосфери, але вони утворюються набагато вище, на висотах 70-90 км. Сріблясті хмари являють скупчення найдрібніших часток розміром  $10^{-4}$  -  $10^{-5}$  см, які розсіюють сонячне світло. Ці хмари утворюються з метеорного пилу, який служить ядрами кристалізації для вологи, занесеної до мезосфери могутніми викидами вулканів, що діють. У стратосфері і мезосфері знаходиться до 20% усього атмосферного повітря, але цього досить, щоб захистити нас від "зоряних уламків". Розміри метеоритів в переважній більшості не перевищують величини горошини. З величезною швидкістю (від 11 до 64 км/с) під впливом земного тяжіння метеорити вриваються в атмосферу планети, розжарюються за рахунок тертя об повітря і на висоті близько 60-70 км переважно згорають. Якби була відсутня атмосфера, на Землю падали б крупні космічні уламки. Коли кількість метеоритів, які потрапляють в атмосферу Землі, особливо велика, створюється враження "зоряного дощу".

Над мезосферою знаходиться *мезопауза*, де вертикальний градієнт температури знову змінює свій знак (див. рис. 3.1). Вище за мезопаузу міститься менше 0.5% повітряної маси атмосфери.

Вище лежить *термосфера* («термос» грецькою теплий) — верхній шар атмосфери, у якому температура зростає з висотою. За непрямыми даними і результатами ракетних спостережень температура на висоті 150 км дорівнює приблизно 220—240 °К, на висоті 200 км досягає 500 °К, а на верхній межі термосфери перевищує 1000 °К (1500 °С). Зростання температури з висотою

пояснюється поглинанням ультрафіолетової радіації атомарним киснем і нітрогеном. Проте температура на вказаних висотах характеризує тільки кінетичну енергію руху молекул. Стороннє ж тіло, яке потрапило на цю висоту, унаслідок дуже сильної розрідженості повітря не сприймає від нього таку високу температуру. Температура сторонніх тіл (штучних супутників Землі, космічних кораблів, ракет і т. д.) на цих висотах головним чином визначається поглиненою ними променистою енергією. На думку фахівців термосфера не відіграє істотної ролі в тепловому балансі нижніх шарів атмосфери.

У атмосфері є шар з високою електричною провідністю, що утворюється у результаті інтенсивної іонізації повітря космічними променями, ультрафіолетовою і корпускулярною радіацією Сонця. Верхня межа цього шару досягає кількох сотень кілометрів. Цей шар називається *іоносферою* і вважається зовнішньою частиною магнітосфери Землі. Частки іоносфери утворюють дуже розріджене і високоелектропровідне середовище, що визначає специфічний характер розповсюдження там короткохвильових радіохвиль (тільки завдяки наявності іоносфери можливий радіозв'язок). У іоносфері спостерігаються *полярні саява* і *магнітні бурі*. *Полярне саяво* - це оптичне явище, яке полягає в свіщенні (люмінесценції) розрідженого повітря (головним чином атомів кисню і нітрогену). Спостерігається у високих широтах обох півкуль. Полярне саяво виникає при проникненні в нижню іоносферу заряджених часток високої енергії з верхньої іоносфери при швидких коливаннях інтенсивності земного магнітного поля. Довжина полярних саяв — від десятків хвилин до декількох діб.

*Екзосфера* (сфера розсіяння) - це зовнішній найбільш розріджений шар атмосфери, що отримав назву від грецького  $\epsilon\xi\omega$  - зовні, поза. З цього шару атмосфери відбувається вислизання найбільш легких частинок (атомів гідрогену) в світовий простір.

Деякі вчені вважають, що верхня межа екзосфери співпадає з верхньою межею атмосфери, інші — що екзосфера тягнеться до так званої земної корони (від 2000 км до 20 тис. км), тобто повільно переходить у міжпланетний простір.

Дехто вважає, що температура в екзосфері постійна по висоті, інші — що температура в екзосфері зростає з висотою приблизно до 2000 °К. У екзосфері гази знаходяться у розрідженому стані і частки їх, рухаючись з дуже великими швидкостями, майже не стикаються одна з одною.

### **Склад і межі біосфери**

*Біосфера* — зовнішня оболонка Землі, до якої входить частина *атмосфери* до озонового шару (висота над полюсами 8-10 км, біля екватора — 17-18 км, над рештою поверхні Землі - 25-30 км), практично вся *гідросфера* і *верхня частина літосфери* — головним чином *грунтовий шар*, але в цілому - приблизно до глибини 3 км, населені живими організмами.

*Абіотична* частина біосфери представлена *грунтом* і *породами*, що підстиляють його, в яких ще є живі організми; *атмосферним повітрям* до висот, де ще є прояви життя і *водним середовищем гідросфери*.

*Біотична* частина складається з *живих організмів*, що здійснюють обмін речовиною між усіма частинами біосфери.

*Атмосфера* складається з механічної суміші газів — *повітря*, у якому в зваженому стані знаходяться пил, крапельки, кристали і деякі інші включення. За *газовим складом* у атмосфері виділяють *гомосферу* (до 90-100 км, від грецького ομοσ — рівний, однаковий), де склад повітря мало змінюється з висотою, окрім змін, пов'язаних із вмістом вуглекислого газу, озону і водяної пари; *гетеросферу* (від грецького ετερος — інший), де склад повітря сильно змінюється з висотою. Основними газами, що входять до складу повітря, є нітроген, кисень і аргон. У невеликій кількості в повітрі містяться гелій, неон, криптон, ксенон, водень і низка інших газів. У результаті розпаду радіоактивних елементів, що містяться в земній корі, до атмосфери проникають радіоактивні гази - радон, торон і актинон. Ці гази протягом деякого часу (від декількох секунд до декількох діб) також розпадаються. Продукти їх розпаду приєднуються до порошинок, зважених в повітрі, або повертаються на земну поверхню у вигляді важких металів — вісмуту і свинцю. Окрім вказаних газів,

у повітрі в змінній кількості постійно присутні вуглекислий газ, озон, аміак, метан, різні оксиди нітрогену.

*Повітря без водяної пари* називають *сухим*. Склад сухого повітря, очищеного від зважених частинок, однаковий на всій земній кулі і залишається постійним до висоти приблизно 25 км. Відсоткове співвідношення газів (за їх обсягом) в сухому повітрі наступне:

Нітроген (N <sub>2</sub> )	Кисень (O <sub>2</sub> )	Аргон (Ar)	Діоксид вуглецю (CO <sub>2</sub> )	Інші гази
78,08%	20,95%	0,93%	0,03%	0,01%

Інші природні компоненти присутні в повітрі у невеликих кількостях. До них відносять так звані інертні гази: гелій (He) -  $5.24 \cdot 10^{-4}$ , неон (Ne) -  $1.82 \cdot 10^{-3}$ , криптон (Kr) -  $1.14 \cdot 10^{-4}$ , ксенон (Xe) -  $8.7 \cdot 10^{-6}$  і радон (Rn), які не є реакційно-спроможними. До групи інертних газів відноситься і згаданий у складі повітря аргон. Інертні гази належать до біологічно індиферентних газів, а їх присутність в атмосфері пов'язана з безперервними процесами природного радіоактивного розпаду.

Окрім вказаних, в повітрі в малих кількостях знаходяться: водень - H<sub>2</sub>, озон - O<sub>3</sub>, чадний газ (оксид вуглецю II) - CO, метан - CH<sub>4</sub>, аміак - NH<sub>3</sub>, сірководень - H<sub>2</sub>S, діоксид сірки - SO<sub>2</sub>, оксиди нітрогену NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і пари азотної кислоти HNO<sub>3</sub>, вуглеводні та інші гази, а також аерозолі. Усі згадані вище складові сухого повітря завжди знаходяться у газоподібному стані при температурах і тиску, що спостерігаються в атмосфері, не тільки біля земної поверхні, але і у високих шарах.

### **Походження основних газів, що входять до складу атмосферного повітря**

*Нітроген (N<sub>2</sub>)* має головним чином вулканічне походження і для більшості організмів є нейтральним. Тільки деякі організми – клубенькові бактерії, актиноміцети, синьо-зелені водорослі – здатні засвоювати молекулярний

нітроген і перетворювати його на нітратну форму, доступну для рослинних організмів. Невелика частина такого нітрогену в процесі розкладання детриту мікроорганізмами потрапляє в атмосферу.

Газоподібна сполука нітрогену з воднем в атмосфері - *аміак*. Аміак ( $NH_3$ ) - безбарвний газ з різким задушливим запахом і їдким смаком, отруйний, сильно подразнює слизові оболонки. Аміак розподілений в атмосфері вкрай нерівномірно, що пов'язане з нерівномірністю розподілу його джерел (найбільша емісія аміаку до атмосфери відбувається за рахунок розкладання біологічних речовин). Найбільша концентрація аміаку спостерігається над морською акваторією, де його вміст на 1-2 порядки більший, ніж над сушею: над морем -  $8 \cdot 10^{-10}$  см•атм, а над степом -  $8 \cdot 10^{-12}$  см•атм. Вміст аміаку в стратосфері ще нижчий, що свідчить про швидке окислення цього газу. Фонова концентрація (у %) аміаку в нижній тропосфері коливається від 5 до  $20 \cdot 10^{-3}$  і час його перебування в атмосфері (термін життя) - до 7 днів.

*Азотна кислота ( $HNO_3$ )*. Пари азотної кислоти виявлені як в тропосфері, так і в стратосфері, загальний вміст  $HNO_3$  у вертикальному стовпі атмосфери складає  $4 \cdot 10^{-4}$  см•атм. Вертикальний розподіл  $HNO_3$  корелює з розподілом озону, максимум її концентрації припадає на висоту 20-35 км. Вище 35 км  $HNO_3$  присутня лише в малих кількостях. Зв'язок фотохімічних процесів утворення  $HNO_3$  і  $O_3$  свідчить про значні просторово-часові варіації вертикального профілю концентрації  $HNO_3$  і загального вмісту  $HNO_3$  в атмосфері. Головний механізм розпаду  $HNO_3$  - її взаємодія з поверхнею аерозольних частинок з утворенням нітратів.

*Кисень ( $O_2$ )* утворюється в процесі фотосинтезу рослинних організмів, витрачається в процесі дихання живих організмів, окислення різноманітних відходів, згоряння палива. За останніх 50 років витрачено стільки ж кисню, скільки за мільйон років до цього. Основними причинами такої швидкості його витрачання є спалювання великої кількості палива в енергетиці, промисловості, автотранспорті, вирубка лісу, зниження фотосинтезу спричинене забрудненням навколишнього середовища.

*Вуглекислий газ ( $CO_2$ )* - одна з найважливіших змінних складових частин повітря. Він потрапляє до атмосфери головним чином при вулканічних виверженнях, а також в результаті гниття і розкладання органічних речовин (грунтові процеси), у процесі дихання тварин і рослин і при згорянні палива. Витрачається вуглекислий газ на живлення рослин у процесі фотосинтезу. Він добре поглинає і випромінює довгохвильову променисту енергію. Вуглекислий газ є безбарвним і позбавленим смаку газом, який в 3,5 разів важчий за повітря. За звичайних атмосферних умов це стійкий, інертний і нетоксичний газ. При високому тиску і температурі  $CO_2$  може переходити в рідкий і твердий стан. При нормальному атмосферному тиску і охолодженні до ( $-78\text{ }^{\circ}C$ ) він сублімується в сухий лід типу снігу.  $CO_2$  є однією з порівняно невеликих за величиною складових атмосферного повітря і складає 0,035% (об'ємні відсотки) від усього атмосферного повітря. Значно більша кількість  $CO_2$  міститься у гідросфері (океані), біосфері і літосфері. Основним регулятором концентрації вуглекислого газу є океан. В океані його приблизно в 100 разів більше, ніж в атмосфері. Це пояснюється тим, що розчинність  $CO_2$  у воді у багато разів вище, ніж у інших атмосферних газів. У результаті обміну вуглекислим газом встановлюється динамічна рівновага між надходженням його з повітря у воду і з води в повітря. При цьому концентрація  $CO_2$ , розчиненого у воді, прямо пропорційна концентрації  $CO_2$ , що міститься в повітрі. Він добре розчиняється в холодній воді і випаровується в теплій. Океан діє як насос: на полюсах він поглинає  $CO_2$ , а на екваторі видуває його. Між атмосферою та іншими земними сферами здійснюється постійний обмін вуглекислим газом.

Вміст вуглекислого газу в повітрі змінюється залежно від широти, місцевих умов, часу доби і року. У високих широтах його менше, ніж у помірних; над океаном менше, ніж над сушею; у денні години менше, ніж у нічні. Оскільки  $CO_2$  – основний парниковий газ, то зростання його кількості в атмосфері за останнє сторіччя приблизно на 25% викликає сьогодні великий неспокій.

*Інертні гази* (аргон, ксенон, криптон, неон) потрапляють до атмосфери головним чином у процесі вулканічної діяльності і на біологічні процеси практично не впливають.



Тверді і рідкі частки, зважені в атмосфері, називають *аерозолями*. Концентрація аерозолів може змінюватися в широких межах залежно від місця і часу. За умовами походження всі аерозолі, що потрапляють до атмосфери, поділяють на аерозолі природного і антропогенного походження.

*Аерозолі* природного походження потрапляють до атмосфери у результаті вулканічної діяльності, вивітрювання ґрунту і гірських порід, лісових пожеж, життєдіяльності і відмирання рослин, хвилювання моря (бризки), згоряння метеоритів і багатьох інших природних процесів.

*Аерозолі* антропогенного походження утворюються, перш за все, в процесі спалювання викопного палива і в інших численних процесах промислової і господарчої діяльності людини.

За складом домішки, що потрапляють до атмосфери, поділяють на газоподібні, тверді і рідкі. При цьому на частку газоподібних речовин припадає близько 90%, а на частку твердих (пил, важкі метали, мінеральні і органічні з'єднання і т. д.) - близько 10%. Атмосферний пил сприяє конденсації пари, а значить, утворенню хмар, вона поглинає і відбиває сонячну радіацію.

*Ґрунти* є головним компонентом біосфери, саме вони забезпечують живлення біогенними речовинами рослин, які у свою чергу, годують весь світ консументів. Ґрунт має складний профіль в розрізі і складається з декількох шарів, які формуються в результаті пересування і перетворення в ньому речовин. Верхній шар називають *родючим шаром ґрунту* або *гумусовим шаром*.

*Головні чинники родючості:*

- відсотковий вміст гумусу в гумусовому шарі;
- потужність (товщина) гумусового шару;
- хімічний склад ґрунтів – зміст хімічних елементів, біогенних речовин, мікроелементів;
- механічний склад, тобто розміри часток, здатність до склеювання часток ґрунту (кращу здатність до склеювання мають ґрунти, які багаті гумусом);
- мікробіологічна активність: мікроорганізми перетворюють хімічні елементи на доступну для рослин форму.

На формування різного типу ґрунтів впливають наступні *ґрунтоутворюючі чинники*: клімат, рослинність, тварини, мікроорганізми, характерні для даної кліматичної зони, рельєф, ґрунтоутворюючі породи.

*Опади* визначають водний режим ґрунтів і впливають на процес їх утворення. Існують такі режими:

— *промивний водний режим* – велика кількість опадів промиває ґрунт до ґрунтових вод, що призводить до інтенсивного вимивання продуктів ґрунтоутворення;

— *періодично промивний водний режим* характеризується чергуванням обмеженого промочування ґрунтів в посушливі роки і промивання ґрунту у вологі роки;

— *непромивний водний режим* – волога в ґрунті знаходиться у формі пари, розподіляється тільки у верхніх горизонтах і не досягає ґрунтових вод (найсприятливіший режим для ґрунтоутворювального процесу).

— *випотний режим* – притаманний напівпустельній, пустельній та степовій зонам, для яких характерне переважання висхідних потоків вологи в ґрунтах і випаровування теоретично значно перевищує кількість опадів.

### **Типи ґрунтів**

Усього в світі виділяють більше 100 типів ґрунтів, тільки на Україні їх більше 40 типів.

*До основних типів ґрунтів відносяться наступні:*

*Підзолисті ґрунти* сформувалися при промивному водному режимі, поширені в тайговій зоні, поліссі, вміст гумусу в них не більше 1-3%, потужність гумусового шару – до 20 см.

*Сірі лісові ґрунти* поширені в лісостеповій зоні, сформувалися в умовах періодично промивного режиму, ґрунти багаті, гумусу в них до 4-8%, потужність гумусового шару – 40-50 см.

*Бурі лісові ґрунти* сформувалися в умовах промивного режиму, поширені в зоні широколистяних лісів у Карпатах, Закарпатті, Західній Європі гумусу в них до 1-5%, потужність гумусового шару – до 20 см.

*Чорноземи* (найбагатші ґрунти світу) сформувалися в умовах непромивного режиму, поширені в зоні лугових степів. Близько 60% світових чорноземів припадає на Росію і Україну, решта – в Канаді і Східній Європі. Мають темний колір, містять до 8-10% гумусу (іноді до 20%), потужність гумусового шару в чорноземах – 50-120 см (іноді досягає 200-250 см.). Чорноземи - найбільше багатство України.

*Каштанові ґрунти* поширені в зоні сухих степів на півдні України і Молдавії. Вони формуються в умовах непромивного режиму, вміст гумусу в них 3-8%, потужність гумусового шару 50-80 см. Із-за випадіння невеликої кількості опадів в цих зонах бувають значні недобори врожаю, а для поліпшення ситуації потрібне зрошування.

*Червоноземи і жовтоземи* – ґрунти вологих субтропіків, сформувалися в умовах промивного режиму, поширені в Закавказзі, Китаї, Японії. Вміст гумусу – до 5-6%, потужність гумусового шару – до 20 см.

*Коричневі ґрунти* сухих субтропіків сформувалися при непромивному режимі, поширені на півдні Європи, півночі Африки, півдні Криму, гумусу містять до 4%, потужність гумусового шару – до 40 см.

*Червоні, жовті, оранжеві ґрунти* (мають такий відтінок кольору через присутність сполук заліза) формуються при промивному режимі в умовах великих опадів (до 2000 мм в рік) і високої температури в зоні дощових тропічних лісів. Ці ґрунти бідні, малопотужні, вміст гумусу в них – до 1%, потужність гумусового шару – до 7 см. Це спричинено тим, що відмираюча біомаса при такому кліматі швидко розкладається мікроорганізмами і залучається до біологічного кругообігу.

*Сероземи* – ґрунти пустель і напівпустель формуються за випотного режиму, вміст гумусу в них – до 1%, потужність гумусового шару – до 5-10 см. Такі ґрунти вимагають постійного зрошування.

*Живі організми, що живуть у біосфері, складають живу речовину планети. Взаємодія повітря, води, гірських порід і живих організмів зумовило формування ґрунтів і осадових порід.*

### **3.2. Біологічний, геологічний кругообіги речовин у природі, кругообіг води**

Основні кругообіги речовин у природі: **біологічний (малий), кругообіг води і геологічний (великий).**

*Біологічний кругообіг.*

Живі організми складаються з тих же хімічних елементів, що й вода, повітря, мінерали гірських порід і ґрунтів. У живих організмах їх виявлено більше 30. Переважають у складі живих організмів кисень, водень, вуглець, кальцій, сірка та інші хімічні елементи. Різниця лише в складності молекул і кількості хімічних елементів: одних більше в живих організмах, інших – в зовнішньому середовищі. Наприклад, молекули води, складових повітря, ґрунтових мінералів, відносно прості, а живих організмів – дуже складні, деякі складаються з мільйонів атомів.

*Біологічний кругообіг* – це колоподібна циркуляція хімічних елементів між живими організмами і зовнішнім середовищем. Полягає вона в надходженні хімічних елементів з ґрунту, гідросфери і атмосфери до живих організмів; перетворенні в них елементів, що потрапили, на складні органічні сполуки, а потім повернення цих елементів з відмерлими організмами до ґрунту, атмосфери і гідросфери через ланку редуцентів.

Продуценти будують свій організм з простих неорганічних сполук, переробляють їх на складні органічні сполуки; консументи аналогічні перетворення починають з складніших сполук; редуценти вивільнюють хімічні елементи, які є в складі органічних сполук, завдяки чому вони знову можуть включатися в кругообіг. Цей кругообіг притаманний лише біосфері та є головним для підтримання біологічного життя на нашій планеті.

```
graph TD; A[Органічний нітроген рослин і тварин NH2] -- Амоніфікація --> B[Аміак NH3]; B <--> C[Амоній NH4]; B -- Нітрифікація --> D[Нітрити NO2]; D -- Нітрифікація --> E[Нітрати NO3]; E -- Денітрифікація --> F[Вільний нітроген N2]; F -- Фіксація вільного нітрогену --> E; E -- Продукція тварин та рослин --> A;
```

Продукція тварин та рослин

Фіксація вільного нітрогену

Денітрифікація

Нітрифікація

Нітрифікація

Амоніфікація

Амоній  $\text{NH}_4$

Аміак  $\text{NH}_3$

Нітрити  $\text{NO}_2$

Нітрати  $\text{NO}_3$

Вільний нітроген  $\text{N}_2$

Органічний нітроген рослин і тварин  $\text{NH}_2$

*Кругообіг води.*

У цілому на планеті загальний об'єм опадів дорівнює об'єму води, що випарувалася. На континенті випадає більше опадів, ніж випаровується, різницю складає річковий стік. З поверхні океану більше випаровується води, ніж випадає опадів, різниця поповнюється річковим стоком. Весь запас води на Землі розпадається і відновлюється ~ за 2 млн. років.

37

Перша частина стікає по поверхні землі і утворює *поверхневий стік* (дуже важливий показник). По поверхні вода стікає в струмки, річки, що прямують в океан. Поверхневий стік містить в своєму складі частки ґрунту, розчинені хімічні речовини, детрит, гумус, іноді він дуже забруднений, але в природних екосистемах об'єм його невеликий. У зв'язку з господарською діяльністю (вирубка лісів і т. д.) об'єм поверхневого стоку значно збільшився, що викликало чимало екологічних проблем.

Друга частина опадів вбирається в ґрунт, утримується в його капілярах і використовується рослинністю в процесі фотосинтезу або випаровується в атмосферу наземною частиною рослин (*транспірування*).

Третя частина опадів вбирається ґрунтом, просочується на глибину, заповнює тріщини, пори ґрунтів і утворює підземні води, які вимивають розчинні мінерали гірських порід і виносять їх у водні об'єкти.

Кругообіг води постійно очищує і поповнює прісноводні системи оскільки з осадами та опадами випадає прісна вода, очищена при випаровуванні.

### *Геологічний кругообіг.*

Цей кругообіг речовин зумовлений взаємодією сонячної енергії з глибинною енергією Землі і здійснює перерозподіл речовин між біосферою і глибшими горизонтами Землі. Осадкові гірські породи, утворені за рахунок вивітрювання магматичних порід, в рухомих зонах земної кори знов потрапляють до зони високих температур і тиску. Там вони переплавляються і утворюють магму – джерело нових магматичних порід. Після підняття цих порід на земну поверхню і впливу процесів вивітрювання, знов відбувається трансформація їх в нові осадкові породи. Геологічний кругообіг відбувається не по колу, а по спіралі, тобто новий цикл кругообігу не повторює достеменно старий, а притерпіває зміни.

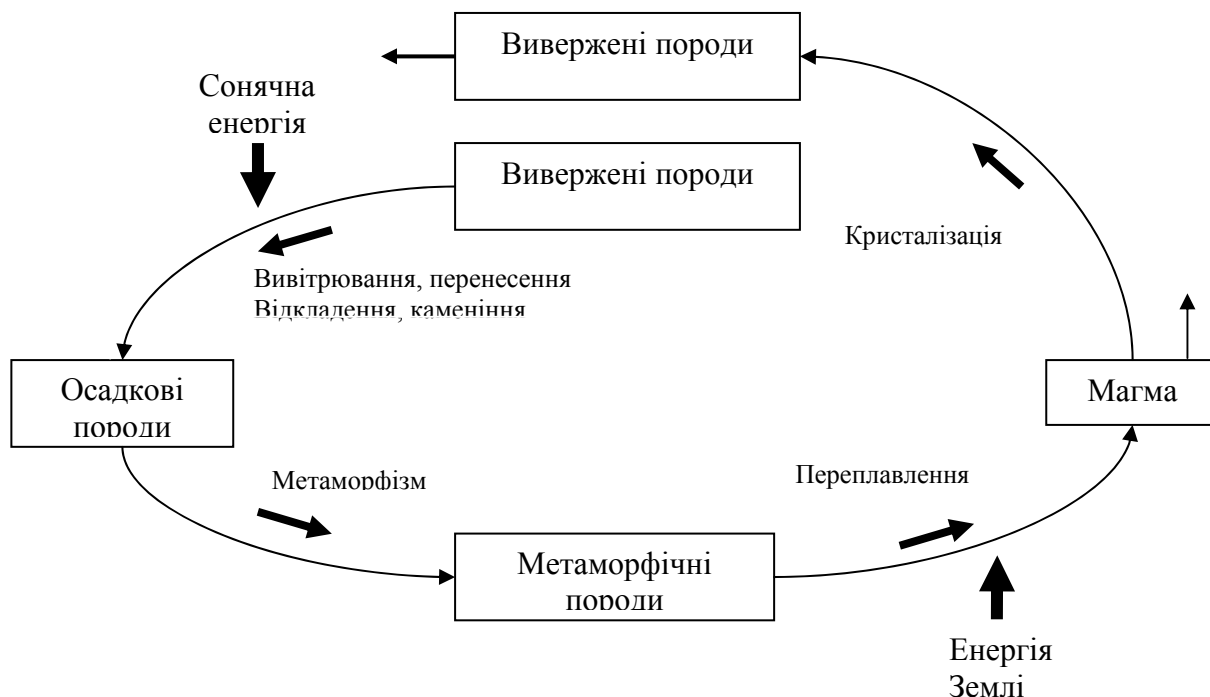


Рис. 3.3 - Великий геологічний кругообіг

### 3.3. Цілісність біосфери як глобальної екосистеми Землі

Біосфера – особлива оболонка Землі, що містить усю сукупність живих організмів і ту частину речовини планети, яка знаходиться в безперервному обміні з цими організмами. Усі компоненти біосфери (верхні горизонти літосфери, рельєф, клімат, води, ґрунти, біота) знаходяться в складній взаємодії, утворюючи однорідну за умовами розвитку єдину систему.

Головне джерело енергії для біосфери – сонячна радіація, вона забезпечує фотосинтез, кругообіги хімічних елементів, є джерелом первинної продукції. Продуктивність біосфери складається з продуктивності різних екосистем.

Цілісність біосфери зумовлена безперервним обміном речовини і енергії між її складовими частинами.

Біосфера – це цілісна глобальна екосистема, що розвивається, вона саморегульована, і від її цілісності залежать усі живі організми на Землі, у тому числі і людина.

## ***Тема 4. Біологічна різноманітність Землі.***

### ***Ноосфера як нова стадія еволюції біосфери***

Основою **стійкості біосфери** є *біологічна різноманітність* складових її екосистем.

Вища стадія розвитку біосфери – *ноосфера*. *Ноосфера* – це сфера взаємодії людини і суспільства, в межах якої розумна людська діяльність стає головним, визначальним чинником розвитку. Іншими словами, *ноосфера* – оточуюче людину середовище, у якому природні процеси обміну речовин і енергії контролюються суспільством.



## Змістовий модуль 1.2. Прикладні аспекти екології

### *Тема 5. Види забруднення навколишнього середовища*

#### **5.1. Природне і антропогенне забруднення.**

*Екологічні системи (екосистеми)* - це сукупність різних видів рослин, тварин і мікроорганізмів, що взаємодіють між собою та з навколишнім середовищем і є функціональними підсистемами біосфери, які можуть зберігатися невизначено довгий час за умови відповідних біотичних і абіотичних чинників. Однією з умов стійкої рівноваги екосистем є відносна постійність цих чинників або, принаймні, їх зміна в межах, що не перевищують швидкості адаптації живих організмів.

*Забрудненням у вузькому сенсі* вважається привнесення до будь-якого середовища нових, не характерних для нього фізичних, хімічних і біологічних агентів або перевищення природного рівня цих агентів у середовищі.

Оскільки об'єктом забруднення завжди є *біогеоценоз (екосистема)*, то наявність шкідливих речовин означає застосування режимів впливу екологічних чинників, що призводить до порушення екологічної ніші (або ланки в харчовому ланцюзі). Це, у свою чергу, призводить до порушення обміну речовин, зниження інтенсивності асиміляції продуцентів, а значить, і продуктивності біоценозу в цілому.

*Забруднення навколишнього середовища* поділяють на *природні*, викликані будь-якими природними причинами: виверження вулканів, розломи земної кори, стихійні пожежі і т. д. та *антропогенні*, такі, що виникають у зв'язку з господарською діяльністю людини. Під останнім терміном розуміють побічні відходи, що утворюються в результаті господарської діяльності людини (суспільства), які, потрапляючи в навколишнє природне середовище, змінюють або руйнують його біотичні та абіотичні властивості.

Забруднення можуть також впливати на енергетичний баланс, фізико-хімічні властивості, рівні радіоактивності і електромагнітний фон навколишнього

середовища. Як приклад на рис. 5.1 показана кількість відходів, що потрапляють у біосферу протягом доби від міста з мільйонним населенням.

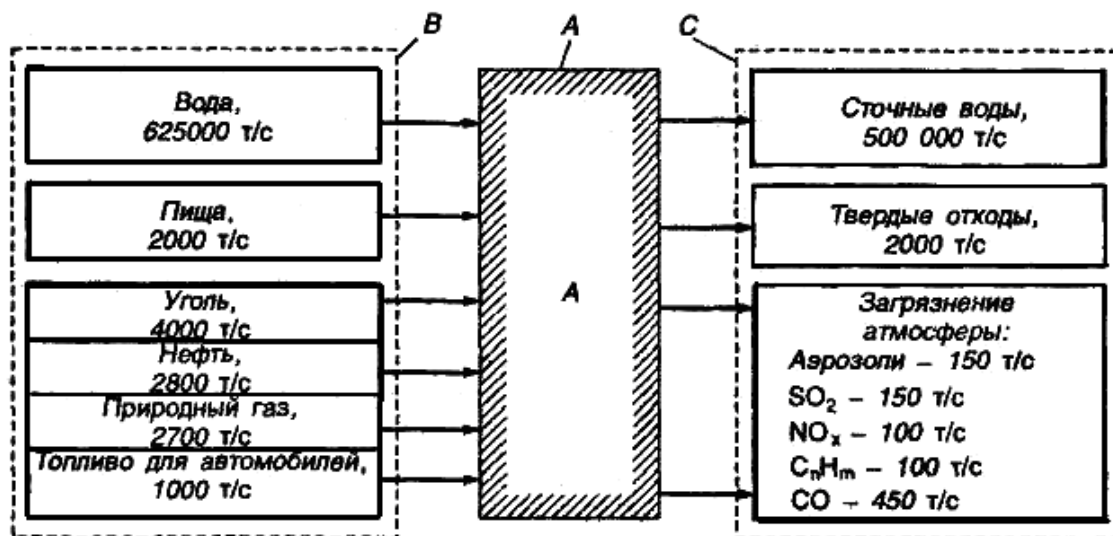


Рис. 5.1 – Схема потрапляючих до міста (А) ресурсів (В) і промислово-побутових відходів (С) протягом доби. Населення міста (А) — 1 млн. чоловік, розмірність ресурсів і відходів подані в тоннах на добу [6].

## 5.2. Фізичне, механічне, біологічне, геологічне, хімічне антропогенні забруднення.

Техногенні «забруднення», що викидаються, і шкідливі впливи можна поділити на декілька великих груп: *фізичні, хімічні, біологічні, механічні, геологічні і естетичні*.

До *фізичних забруднень* відносять: шум, вібрацію, електромагнітні поля, іонізуюче випромінювання радіоактивних речовин, теплове випромінювання, ультрафіолетове і видиме випромінювання, які виникають в результаті антропогенної діяльності. У технічній літературі ця група найчастіше називається *енергетичними забрудненнями*.

До *хімічної групи* забруднень відносять різні хімічні елементи, речовини і сполуки, що утворюються при взаємодії викидів, що потрапляють з біотичними і абіотичними чинниками біосфери. Це особливо небезпечно, оскільки досить складно передбачити швидкість і характер хімічних взаємодій, в результаті

яких кінцевий продукт може виявитися токсичнішим, ніж початковий хімічний «забруднювач», що викидається в біосферу. До останніх можна віднести фтористі сполуки і інші галогенопохідні, важкі метали, вуглеводні, пластмаси, пестициди, різні органічні сполуки, похідні сірки, нітрогену і т. п. Інтенсивне застосування отрутохімікатів, які вносять за допомогою авіації, призвело до широкого забруднення навколишнього середовища. Навіть в Антарктиді, за десятки тисяч кілометрів від зон застосування, накопичилося більше 2000 т ДДТ.

До біологічних забруднень можна віднести мікробіологічне отруєння, зміну структури біоценозов.

*Естетична шкода* виявляється в порушенні пейзажів за рахунок все наростаючої урбанізації, будівництва промислових об'єктів на території природних заповідників і т. п.

На людину у процесі її трудової діяльності можуть впливати *небезпечні* (травми) і *шкідливі* (захворювання) *виробничі чинники*. Вони підрозділяються на чотири групи: *фізичні, хімічні, біологічні і психофізіологічні*.

*Небезпечні фізичні чинники*: рухомі машини і механізми; підйомно-транспортні пристрої і переміщувані вантажі; незахищені рухомі елементи виробничого устаткування (приводні і передавальні механізми, ріжучі інструменти, пристосування, що обертаються і переміщуються, і ін.); відлітаючі частки оброблюваного матеріалу і інструменту, електричний струм, підвищена температура поверхонь устаткування і оброблюваних матеріалів і т. д.

*Шкідливі для здоров'я фізичні чинники*: підвищена або знижена температура повітря робочої зони; висока вологість і швидкість руху повітря; підвищені рівні шуму, вібрації, ультразвука і різних випромінювань - теплових, іонізуючих, електромагнітних, інфрачервоних та ін.; запиленість і загазованість повітря робочої зони; недостатня освітленість робочих місць, проходів і проїздів; підвищена яскравість світла і пульсація світлового потоку.

*Хімічні небезпечні і шкідливі виробничі чинники* за характером дії на організм людини бувають: *загальнотоксичні, подразнюючі, сенсibiliзуючі* (алергічні захворювання), *канцерогенні* (що викликають розвиток пухлин),

*мутагенні* (що діють на статеві клітки організму). Приклади: різноманітні пари і газу (пари бензолу і толуолу, окисел вуглецю, сірчаний ангідрид, оксиди нітрогену, аерозолі свинцю та ін., токсичний пил, що утворюється, наприклад, при обробці різанням берилія, свинцевої бронзи і латуні і деяких пластмас з шкідливими наповнювачами), агресивні рідини (кислоти, луги), здатні спричинити хімічні опіки шкірного покриву при контакті з ними.

*Біологічні небезпечні і шкідливі виробничі чинники:* мікроорганізми (бактерії, віруси і ін.) і макроорганізми (рослини і тварини), дія яких на тих, що працюють викликає травми або захворювання.

*Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі чинники:* фізичні перевантаження (статичні і динамічні) і нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів слуху, зору і ін.).

Велику частку забруднень складають енергетичні викиди. За своєю природою *енергетичні (фізичні) забруднення* умовно можна розділити на три групи: *механічну, електростатичну (магнітостатичну) і електромагнітну.*

До *першої групи* відносять енергетичні забруднення, що є *коливально-хвиловим рухом* часток пружного середовища газової, рідкої, твердої фаз - різні *шуми, вібрації, інфразвук, ультразвук, гіперзвук.*

До *другої і третьої груп* відносять техногенні забруднення, що є постійними і змінними *електромагнітними полями* різної довжини хвиль, від промислової частоти до електромагнітних коливань дуже високої частоти, аж до *рентгенівського і  $\gamma$ -діапазонів.*

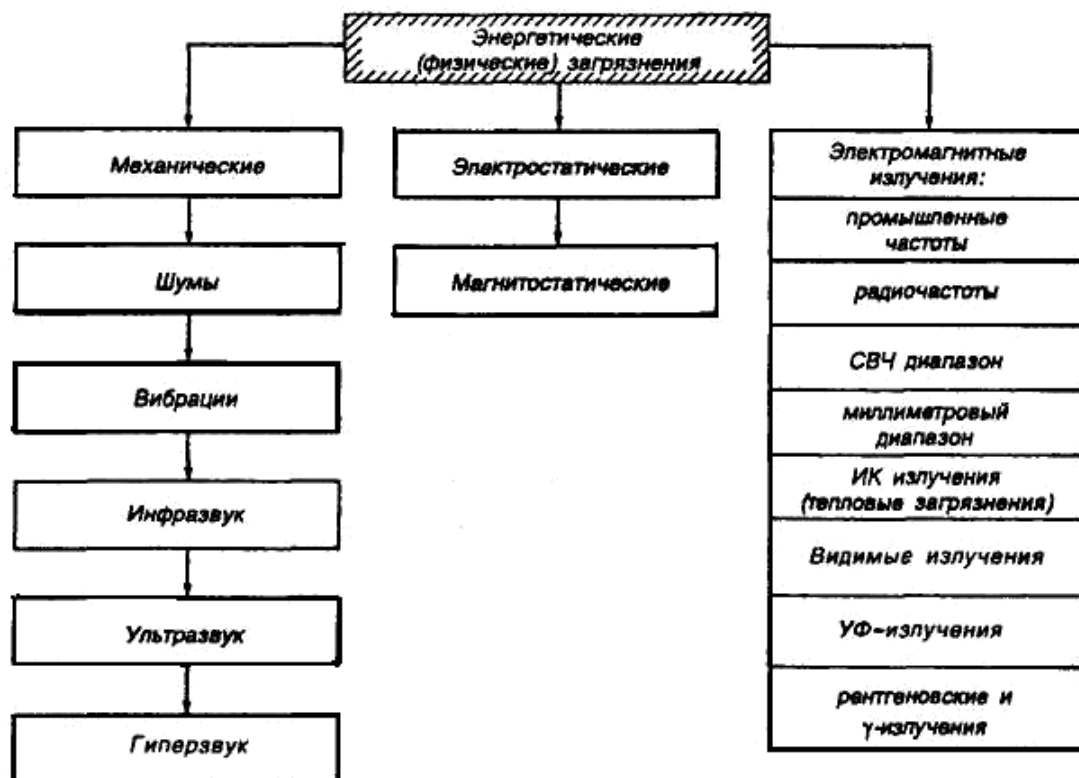


Рис. 5.2 - Класифікація енергетичних забруднень [6]

*Теплове забруднення* – зміна температури середовища у зв'язку з викидами нагрітих або охолоджених газів, повітря, води до навколишнього середовища. Прикладом можуть бути випуски теплих вод від різних енергетичних установок (теплові, атомні станції, котельні) у водоймища. Підвищення температури у водних об'єктах має істотний вплив на термічний і біологічний режими в них, порушуються умови нересту риб, підвищується зараженість їх паразитами, знижується кількість розчиненого кисню і т. д.

Джерелами підвищення температури ґрунтів є підземне будівництво, прокладання комунікацій. Підвищення температури ґрунтів стимулює діяльність мікроорганізмів, які є агентами корозії різних комунікацій.

*Світлове забруднення* – порушення природної освітленості середовища. Призводить до порушення ритмів активності живих організмів. Збільшення каламутності води у водних об'єктах знижує надходження сонячного світла на глибину і фотосинтез водної рослинності.

*Шумове забруднення* – збільшення інтенсивності і повторюваності шуму понад природний рівень.

Звук - це коливання часток пружного середовища, що хвилеподібно розповсюджуються — твердого тіла, рідини, газу. Розрізняють *біологічне* і *фізичне* поняття звуку. До *біологічного* поняття звуку відносять *коливання і хвилі, які сприймаються людськими органами слуху*. Для людського вуха спектр відчутних звукових коливань лежить в діапазоні від 15 — 20 Гц до 20 кГц. *Фізичне* поняття про звук об'єднує як *відчутні, так і невідчутні коливання пружних середовищ* (умовно від 0 до  $10^{13}$  Гц). Коливання з частотами нижче 20 Гц називаються *інфразвуком*. Нижня межа частот інфразвуку не обмежена. Прикладом інфразвукових хвиль є сейсмічні хвилі, що виникають в земній корі. Коливання з частотами вище 20 кГц називають *ультразвуком*.

*Гучність* звуку залежить від амплітуди звукових коливань. *Звукову дію* оцінюють *відносною інтенсивністю звуку (рівень шуму)*, яку виражають у *децибелах (дБ)*.

*Шум* відноситься до серйозних забруднювачів навколишнього середовища, адаптація до якого організмів практично неможлива.

*Джерелами шумового забруднення є автомобільний, рейковий, повітряний транспорт, промислові підприємства, побутова техніка.*

У *житлових приміщеннях* велика кількість джерел шуму: *працюючі ліфти, вентилятори, насоси, телевізори і т. д.* *Шумове забруднення* негативно впливає на органи *слуху, нервову систему (до психічних розладів), серцево-судинну систему* та інші органи. Особливо важко переносяться раптові різкі звуки високої частоти.

Особливо істотні наслідки дії *інфразвуку і ультразвуку*.

Діапазон *інфразвукових* коливань співпадає із *внутрішньою частотою окремих органів людини (6-8 Гц)*, отже, через резонанс можуть виникнути тяжкі наслідки. Збільшення звукового тиску до 150 дБА призводить до зміни травних функцій і серцевого ритму. Можлива втрата слуху і зору.

*Ультразвук* шкідливо впливає на *серцево-судинну систему; нервову систему; ендокринну систему*, викликає *порушення терморегуляції і обміну речовин*. Місцева дія може призвести до оніміння.

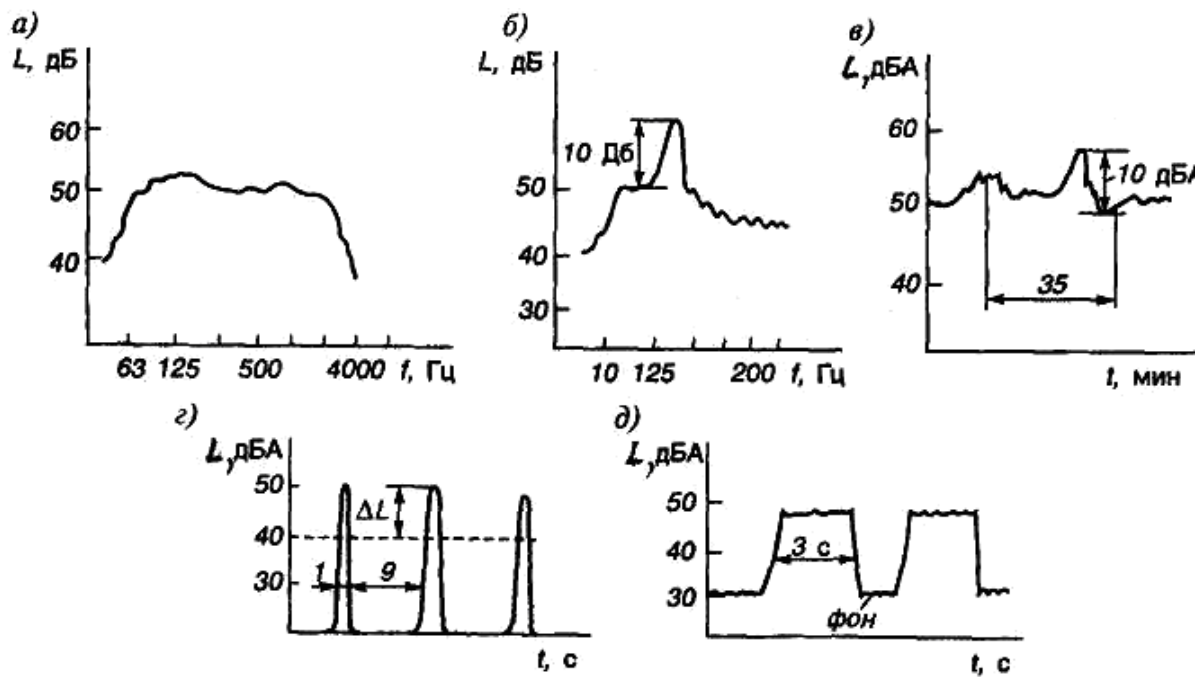


Рис. 5.3 - Різновиди спектрів реальних джерел шумів:

*а* — безперервний спектр (турбореактивний двигун); *б* — тональний (осьовий вентилятор); *в* — що коливається в часі (транспорт); *г* — імпульсний спектр (удар молоту); *д* — переривчастий (скидання повітря).

*Вібраційне забруднення* виникає в результаті роботи різних видів транспорту, вібраційного обладнання, може призвести до просідання ґрунтів, деформації будівель, споруд.

*Вібрація* - різновид механічних коливань, що виникають при передачі тілу механічної енергії від джерела коливань. *Вібрацією* називають рух крапки або механічної системи, за якого відбувається циклічне зростання і убування в часі значень принаймні однієї координати.

Вібрацію за способом передачі на людину (залежно від характеру контакту з джерелами вібрації) умовно підрозділяють на: *місцеву (локальну)* - таку, що передається на руки працюючого, і *загальну* - таку, що передається через опорні поверхні на тіло людини в положенні сидячи або стоячи. *Загальна* вібрація у практиці гігієнічного нормування позначається як *вібрація робочих місць*. У виробничих умовах нерідко має місце поєднана дія місцевої і загальної вібрації. Локальну вібрацію створюють ручні машини ударного, ударно-обертального і обертального руху з пневматичним або електричним приводом.

До вібробезпечного обладнання відносяться клепальні молотки, рубільні, відбійні, бетоноломи, трамбівки, вібратори, дрилі, шліфувальні машини і ін.

Вібрація як *чинник виробничого середовища* зустрічається в різних галузях промисловості (металургійній, машинобудівній, хімічній, авіа- і суднобудівельній та ін.), на транспорті, в сільському господарстві. Вона використовується у ряді технологічних процесів: при віброущільненні, формуванні, пресуванні, вібраційному бурінні, спущенні, вібротранспортуванні і т. д. Вібрацією супроводжується робота стаціонарних і пересувних механізмів і агрегатів, в основу дії яких покладений обертальний і зворотно-поступальний рух.

В умовах міського середовища інтенсивним джерелом вібрацій є рейковий міський транспорт (трамвай, метрополітен), залізничний транспорт, інженерно-технічне обладнання будівель (ліфти, насосні установки), система опалювання, каналізації, сміттєпроводів.

Виробнича вібрація за своїми *фізичними характеристиками* має складну класифікацію. За *характером спектру* вібрація поділяється на *вузькосмугову* і *широкосмугову*; за *частотним складом* - на *низькочастотну з переважанням максимальних рівнів в октавних смугах* 8 і 16 Гц, *середньочастотну* - 31,5 і 63 Гц, *високочастотну* - 125, 250, 500, 1000 Гц - для локальної вібрації; для вібрації робочих місць - відповідно 1 і 4 Гц, 8 і 16 Гц, 31,5 і 63 Гц.

За часовими характеристиками розрізняють наступні види вібрації: *постійну*, для якої величина віброшвидкості змінюється не більше ніж в 2 рази (на 6 дБ) коли час спостереження складає не менше 1 хв; *непостійну*, для якої величина віброшвидкості змінюється не менш ніж в 2 рази (на 6 дБ) коли час спостереження складає не менше 1хв.

*Непостійна* вібрація поділяється на таку, що *коливається в часі*, для якої рівень віброшвидкості безперервно змінюється в часі; *переривисту*, коли контакт оператора з вібрацією в процесі роботи уривається, причому тривалість інтервалів, протягом яких має місце контакт, складає більше 1 с; *імпульсну* - таку, що складається з одного або декількох вібраційних дій (наприклад, ударів), кожен тривалістю менше 1 с при частоті їх проходження менше 5, 6 Гц.



Для гігієнічної оцінки впливу вібрації використовують логарифмічну шкалу що зумовлене тією обставиною, що чутливість організму до вібрації змінюється пропорційно логарифму інтенсивності дії.

Вібрації, що мають місце в реальних виробничих умовах, є складним коливальним процесом, що складається з окремих синусоїдальних коливань з різними частотами і амплітудами. Для характеристики таких вібрацій використовують спектри діючих значень параметрів, які характеризують вібрацію. Оскільки дія вібрації на організм визначається кількістю енергії коливань, а вона на будь-який момент часу пропорційна квадрату коливальної швидкості, то основними характеристиками вібрацій є спектри рівнів віброшвидкості. Вони можуть бути дискретними, суцільними (або безперервними) і змішаними (Рис. 5.4).

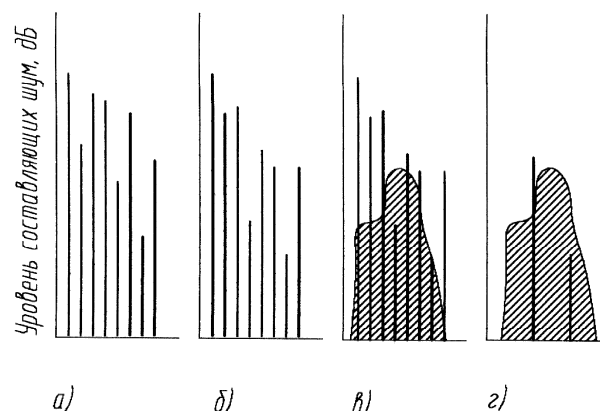


Рис. 5.4 - Спектри вібрацій: а, б - дискретні; в – безперервний; г - безперервний дискретний [13]

Електромагнітне забруднення – зміна електромагнітних властивостей навколишнього середовища. Цей різновид забруднення негативно впливає на живі організми: на обмін речовин, склад крові, серцево-судинну систему.

На практиці при характеристиці електромагнітної ситуації використовують терміни "електричне поле", "магнітне поле", "електромагнітне поле". Коротко пояснимо, що це означає і який зв'язок існує між ними.

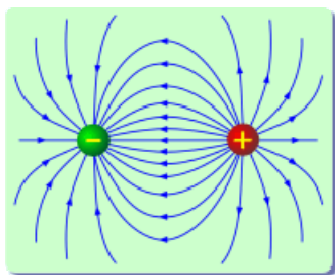


Рис. 5.5 - Електричне поле створюється зарядами [13]

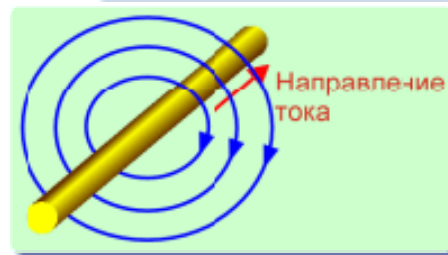
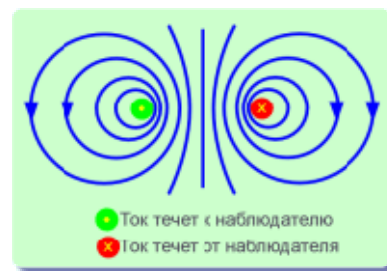


Рис. 5.6 - Магнітне поле утворюється при русі електричних зарядів провідником [13]

Для характеристики величини електричного поля використовують поняття *напруженість електричного поля*, позначення  $E$ , одиниця вимірювання  $V/m$  (Вольт/метр). Величина магнітного поля характеризується *напруженістю магнітного поля*  $H$ , вимірюється у  $A/m$  (Ампер/метр).

При вимірюванні наднизьких та у край низьких частот часто також використовується поняття *магнітна індукція*  $B$ , одиниця  $Tл$  (Тесла), одна мільйонна частина  $Tл$  відповідає  $1,25 A/m$ .

*Електромагнітне поле (ЕМП)* - це особлива форма матерії, за допомогою якої здійснюється взаємодія між електричними зарядженими частинками. *Фізичні причини існування електромагнітного поля пов'язані з тим, що електричне поле  $E$ , що змінюється в часі, породжує магнітне поле  $H$ , а магнітне поле  $H$ , що змінюється, породжує вихорове електричне поле: обидва компоненти  $E$  і  $H$ , безперервно змінюючись, породжують один одного.* ЕМП нерухомих або рівномірно рухаючихся заряджених часток нерозривно пов'язане з цими частинками. При прискореному русі заряджених часток, ЕМП "відривається" від них і існує незалежно у формі електромагнітних хвиль, не зникаючи з усуненням джерела (наприклад, радіохвилі не зникають і за відсутності струму в антені, що випромінює їх).

Електромагнітні хвилі характеризуються довжиною хвилі, позначення -  $\lambda$ . Джерело, що генерує випромінювання, а фактично створює електромагнітні коливання, характеризується поняттям частота, позначення -  $f$ .

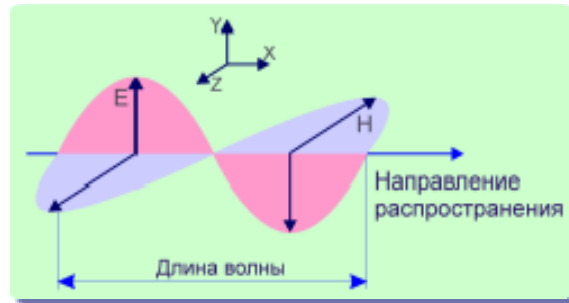


Рис. 5.7 - Електромагнітні хвилі: електрична та магнітна складові перпендикулярні одна одній [13].

Для оцінки біологічної дії ЕМП розрізняють *зону індукції* (ближню) і *зону випромінювання* (дальню). *Ближня* розташована на відстані від джерела, яка дорівнює  $1/6$  від довжини хвилі. Тут магнітна складова напруженості поля виражена слабо, тому її дія на організм незначна. У дальній зоні виявляється ефект дії обох складових поля.

Серед основних джерел електромагнітних забруднень можна назвати: *електротранспорт* (трамваї, тролейбуси, поїзди...); *лінії електропередач* (міського освітлення, високовольтні...); *електропроводка* (усередині будівель, телекомунікації...); *побутові електроприлади*; *теле- і радіостанції* (трансляючі антени); *супутниковий і стільниковий зв'язок* (трансляючі антени); *радар*; *персональні комп'ютери*.

**Електротранспорт.** Транспорт на електричній тязі – це електропоїзди (зокрема поїзди метрополітену), тролейбуси, трамваї і т. п. – є відносно потужним джерелом магнітного поля в діапазоні частот (0 – 1000) Гц. За різними даними, максимальні значення щільності потоку магнітної індукції  $B$  у приміських "електричках" досягають 75 мкТл при середньому значенні 20 мкТл. Середнє значення  $B$  на транспорті з електроприводом постійного струму зафіксовано на рівні 29 мкТл.

*Лінії електропередач (ЛЕП).* Дроти працюючої лінії електропередачі створюють у прилеглому просторі електричне і магнітне поля промислової частоти. Відстань, на яку розповсюджуються ці поля від проводів лінії, досягає десятків метрів. Дальність розповсюдження електричного поля залежить від класу напруги ЛЕП (цифра, що позначає клас напруги, стоїть в назві ЛЕП, наприклад ЛЕП 220 кВ), чим вище напруга, тим більше зона підвищеного рівня електричного поля, при цьому розміри зони не змінюються протягом роботи ЛЕП. Дальність розповсюдження магнітного поля залежить від величини протікаючого струму або від навантаження лінії. Оскільки навантаження ЛЕП може неодноразово змінюватися як в перебігу доби, так і зі зміною сезонів року, розміри зони підвищеного рівня магнітного поля також змінюються.

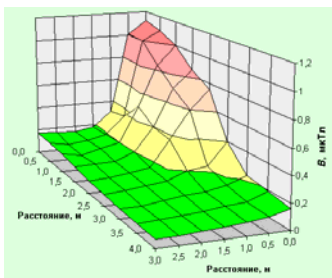
Здорова людина страждає від тривалого перебування в полі ЛЕП. Короткочасне опромінювання (хвилини) здатне призвести до негативної реакції тільки у гіперчутливих людей або у хворих деякими видами алергії. Наприклад, добре відомі роботи англійських учених на початку 90-х років, які показали, що у деяких алергіків під дією поля ЛЕП розвивається реакція за типом епілептичної. При тривалому перебуванні (місяці – роки) людей в електромагнітному полі ЛЕП можуть розвиватися захворювання переважно серцево-судинної і нервової систем організму людини. Останніми роками серед віддалених наслідків часто називають онкологічні захворювання.

Основний принцип захисту здоров'я населення від електромагнітного поля ЛЕП полягає у встановленні санітарно-захисних зон для ліній електропередач і зниженням напруженості електричного поля в житлових будівлях і в місцях можливого тривалого перебування людей шляхом застосування захисних екранів. Межі санітарно-захисних зон для ЛЕП, які на діючих лініях визначаються за критерієм напруженості електричного поля,

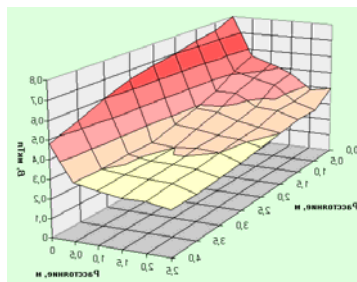
1 кВ/м. До розміщення високовольтних ліній (ВЛ) ультрависокої напруги (750 і 1150 кВ) ставляться додаткові вимоги за умовами дії електричного поля на населення. Так, найближча відстань від осі проєктованих ВЛ (750 і 1150 кВ) до меж населених пунктів повинна бути не менш ніж 250 і 300 м відповідно.

*Електропроводка і здоров'я людини.* Найбільший внесок в електромагнітну ситуацію в житлових приміщеннях в діапазоні промислової частоти 50 Гц робить електротехнічне устаткування будівлі, а саме кабельні лінії, що підводять електрику до всіх квартир і інших споживачів системи життєзабезпечення будівлі, а також розподільні щити і трансформатори. У приміщеннях, суміжних з цими джерелами, зазвичай підвищений рівень магнітного поля промислової частоти, що викликається електрострумом. Рівень електричного поля промислової частоти при цьому зазвичай не високий і не перевищує ПДУ для населення 500 В/м.

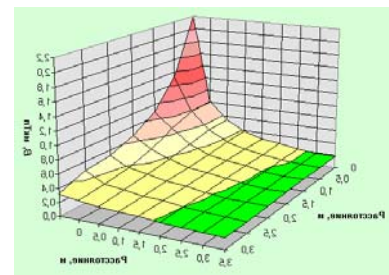
На рис. 5.8 представлений розподіл магнітного поля промислової частоти в житловому приміщенні. Зеленим кольором (найтемніший колір у чорно-білому варіанті) показана зона з безпечним для здоров'я рівнем магнітного поля.



**Джерело поля – розподільний пункт електроживлення, що знаходиться в суміжному нежилому приміщенні.**



**Джерело поля - кабельна лінія, що проходить у під'їзді по зовнішній стіні кімнати.**



**Джерело поля - загальний силовий кабель під'їзду.**

**Рис. 5.8 - Розподіл магнітного поля промислової частоти в житловому приміщенні [5].**

*Побутова електротехніка.* Усі побутові прилади, що працюють з використанням електричного струму, є джерелами електромагнітних полів. Найбільш потужними слід визнати НВЧ-пічки, аерогрили, холодильники з системою "без інею", кухонні витяжки, електроплити, телевізори. Реально створюване ЕМП залежить від конкретної моделі і режиму роботи і може сильно відрізнитися серед приладів одного типу. Все це відносять до магнітного поля струму промислової частоти 50 Гц. Значення магнітного поля тісно

пов'язані з потужністю приладу - чим вона вища, тим вище магнітне поле при його роботі. Значення електричного поля промислової частоти практично всіх електро побутових приладів не перевищують декількох десятків В/м на відстані 0,5 м, що значно менше ПДУ 500 В/м.

*Теле- і радіостанції.* Передавальні радіоцентри (ПРЦ) розміщують в спеціально відведених зонах і можуть займати великі території (до 1000 га). Зону можливої несприятливої дії ЕМП, створюваних ПРЦ, можна розділити на дві частини. Перша частина зони – це власне територія ПРЦ, де розміщені всі служби, що забезпечують роботу радіопередавачів. Друга частина зони - це прилеглі до ПРЦ території, куди доступ необмежений і де можуть розміщуватися різні житлові споруди, у цьому випадку виникає загроза опромінювання населення, що знаходиться в цій частині зони. Широко поширені джерела ЕМП в населених місцях - радіотехнічні передавальні центри (РТПЦ), випромінюючі в навколишнє середовище ультракороткі хвилі ДВЧ і УВЧ-діапазонів. Порівняльний аналіз санітарно-захисних зон (СЗЗ) і зон обмеження забудови в зоні дії таких об'єктів показав, що найбільші рівні опромінювання людей і навколишнього середовища спостерігаються в районі розміщення РТПЦ «старої споруди» з висотою антенної опори не більше 180 м. Найбільший внесок до сумарної інтенсивності дії вносять «вуголкові» три- і шестиповерхові антени ДВЧ ЧМ-віщання.

*Телевізійні передавачі* розташовують переважно в містах. Передавальні антени розміщуються на висоті вище 110 м. З погляду впливу на здоров'я цікаві рівні поля на відстані від десятків метрів до кілометрів. Типові значення напруженості електричного поля можуть досягати 15 В/м на відстані 1 км від передавача потужністю 1 Мвт.

*Супутниковий зв'язок.* Системи супутникового зв'язку складаються з приймально-передавальної станції на Землі і супутника, що знаходиться на орбіті. Діаграма спрямованості антени станцій супутникового зв'язку має яскраво виражений вузькоспрямований основний промінь – головну пелюстку. Щільність потоку енергії (ЩПЕ) в головній пелюстці діаграми спрямованості може досягати декількох сотень Вт/м поблизу антени, створюючи також значні

рівні поля на великому віддаленні. Наприклад, станція потужністю 225 кВт, що працює на частоті 2,38 ГГц, створює на відстані 100 км. ЩПЕ дорівнює 2,8 Вт/м<sup>2</sup>. Проте розсіяння енергії від головного променя дуже невелике і відбувається найбільше всього в районі розміщення антени.

*Стільниковий зв'язок.* Стільникова радіотелефонія є сьогодні однією з телекомунікаційних систем, що найінтенсивніше розвиваються. Основними елементами системи стільникового зв'язку є базові станції (БС) і мобільні радіотелефони (МРТ). Базові станції підтримують радіозв'язок з мобільними радіотелефонами, унаслідок чого БС і МРТ є джерелами електромагнітного випромінювання в УВЧ діапазоні. Базові станції працюють в режимі прийому і передачі сигналу. Залежно від стандарту, БС випромінюють електромагнітну енергію в діапазоні частот від 463 до 1880 МГц. Антени БС встановлюються на висоті 15-100 метрів від поверхні землі на вже існуючих спорудах (громадських, службових, виробничих і житлових будівлях, димарях промислових підприємств і т. д.) або на спеціально споруджених щоглах. Серед встановлених в одному місці антен БС є як передавальні (або приймально-передавальні), так і приймальні антени, які не є джерелами ЕМП.

*Радари.* Станції радіолокації оснащені, переважно, антенами дзеркального типу і мають вузькоспрямовану діаграму випромінювання у вигляді променя, направленою уздовж оптичної осі. Системи радіолокації працюють на частотах від 500 МГц до 15 ГГц, проте окремі системи можуть працювати на частотах до 100 ГГц. *Створюваний ними ЕМ-сигнал принципово відрізняється від випромінювання інших джерел.* Пов'язане це з тим, що періодичне переміщення антени в просторі призводить до *просторової уривчастості опромінювання.* Тимчасова *уривчастість опромінювання зумовлена циклічністю роботи радіолокатора на випромінювання.* Час напрацювання в різних режимах роботи радіотехнічних засобів може коливатися від декількох годин до діб. Так у метеорологічних радіолокаторів з тимчасовою уривчастістю (30 хв. – випромінювання, 30 хв. – пауза) сумарне напрацювання не перевищує 12 годин, тоді як станції радіолокації аеропортів часто працюють цілодобово. Ширина

діаграми спрямованості в горизонтальній площині зазвичай складає декілька градусів, а тривалість опромінювання за період огляду складає десятки мілісекунд.

*Персональні комп'ютери.* Основним джерелом несприятливої дії на здоров'я користувача комп'ютера є засіб візуального відображення інформації на електронно-променевої трубки. Нижче перераховані основні чинники його несприятливого впливу.

*Ергономічні параметри екрану монітора:*

- зниження контрасту зображення в умовах інтенсивного зовнішнього освітлення;
- дзеркальні відблиски від передньої поверхні екранів моніторів;
- наявність мерехтіння зображення на екрані монітора.

*Випромінювальні характеристики монітора:*

- електромагнітне поле монітора в діапазоні частот 20 Гц - 1000 МГц;
- статичний електричний заряд на екрані монітора;
- ультрафіолетове випромінювання в діапазоні 200 - 400 нм;
- інфрачервоне випромінювання в діапазоні 1050 нм - 1 мм;
- рентгенівське випромінювання  $> 1,2$  кЗВ.

Електромагнітне поле, що створюється персональним комп'ютером, має складний спектральний склад в діапазоні частот від 0 Гц до 1000 МГц. Електромагнітне поле має електричну ( $E$ ) і магнітну ( $H$ ) складові, причому взаємозв'язок їх достатньо складний, тому оцінка  $E$  і  $H$  проводиться окремо.

*Іонізуюче випромінювання* – таке випромінювання, взаємодія якого з середовищем призводить до утворення в ньому іонів (позитивних або негативних).

Явище природної радіоактивності відкрите в 1886 р. Анрі Беккерелем. Полягає воно в самовільному перетворенні нестійких атомних ядер на ядра інших елементів з випусканням іонізуючих випромінювань. Останні є потоками часток і квантів електромагнітного випромінювання (ЕМВ), які, проходячи через речовину, викликають іонізацію і збудження атомів і молекул середовища. Дещо раніше (1895 р.) Конрад Рентген відкрив  $X$  - промені (жорстке ЕМВ), названі його ім'ям — рентгенівськими променями.



Необхідно відзначити, що для всіх видів радіоактивних перетворень чинні закони збереження енергії, імпульсу, моменту кількості руху, маси, електронного заряду.

**Основні види іонізуючих випромінювань** наступні: *альфа ( $\alpha$ ) - випромінювання; бета ( $\beta$ ) - випромінювання; нейтронне випромінювання; гамма ( $\gamma$ ) - випромінювання, рентгенівське випромінювання.*

Наведемо коротку характеристику кожного з цих видів випромінювань:

$\alpha$  - випромінювання є потоком ядер гелію ( ${}^4_2\text{He}$ ), що випускаються при розпаді радіоактивної речовини або при ядерних реакціях. Енергія  $\alpha$  - частинок порядку декілька МЕВ. У повітрі ці частинки поглинаються шаром товщиною (8–9) см. Пробіг  $\alpha$  - частинок в живій тканині складає декілька десятків мікрон, а товщина алюмінієвої фольги в 10 мікрон повністю поглинає потік  $\alpha$  - випромінювання. При збільшенні енергії  $\alpha$  - частки зростає іонізація, що викликається нею в середовищі, що поглинається. Унаслідок великої маси ці частинки швидко втрачають свою енергію, тому проникаюча здатність цього виду випромінювання невисока. Питома іонізація  $\alpha$  - часток у повітрі складає декілька десятків тисяч пар іонів на 1 см шляху.

$\beta$  - випромінювання є потоком електронів (або позитронів), що виникають при радіоактивному розпаді. Енергія цих частинок складає декілька МЕВ. Максимальний пробіг в повітрі досягає більше 15 м, а в живих тканинах 2,5 см. Маючи значно меншу масу, ніж  $\alpha$  - частки,  $\beta$  - частки мають вищу проникаючу здатність. Іонізуюча здатність цього виду випромінювання менша, ніж у  $\alpha$  - часток, і складає декілька десятків пар на 1 см. шляху пробігу.

*Нейтронне випромінювання* перетворює свою енергію в результаті зіткнення з ядрами речовини. При непружних взаємодіях можливе виникнення вторинних випромінювань, які можуть мати як заряджені частинки, так і  $\gamma$  - випромінювання. При пружних зіткненнях можлива іонізація речовини. Проникаюча здатність нейтронів в значній мірі залежить від їх енергії.

*Рентгенівське випромінювання* виникає при дії  $\beta$  - частинок на навколишнє середовище або при бомбардуванні електронами анодів рентгенівських трубок, прискорювачів і т. п. Енергія фотонів рентгенівського випромінювання складає приблизно 1 МЕВ. *Рентгенівське випромінювання* переважно складається з *гальмівного і характеристичного*. *Гальмівне випромінювання* має безперервний спектр, а *характеристичне* — дискретний спектр, залежний від матеріалу анода. Рентгенівське випромінювання має велику проникаючу і малу іонізуючу здатність.

$\gamma$  -*випромінювання*, як і рентгенівське, має електромагнітну природу і характеризується великою проникаючою здатністю і малою іонізуючою дією.  $\gamma$  - випромінювання виникає в результаті природної радіоактивності, а також в штучних ядерних реакціях, при зіткненні частинок високих енергій і т. п. Енергія фотона  $\gamma$  - випромінювання може досягати дуже великих значень, що у багато разів перевершують енергію фотона рентгенівського діапазону. Якісна характеристика проникаючої здатності різних видів випромінювання представлена на рис. 5.9 ( $\delta$  — товщина).

Радіоактивні речовини (радіонукліди) мають різний ступень стійкості. За певний час вони або розпадаються, або переходять в інший стан. Для оцінки стійкості радіонуклідів введено поняття періоду напіврозпаду  $T_{1/2}$  — це час, протягом якого розпадається половина початкової кількості атомів радіонуклідів. Зміна кількості радіоактивних атомів відбувається за експоненціальним законом:

$$N=N_0\exp(-\lambda t),$$

де  $N_0$  — початкова кількість атомів,  $N$  — кількість атомів, що не розпалися, через час  $t$ ,  $\lambda$  — постійна розпаду.

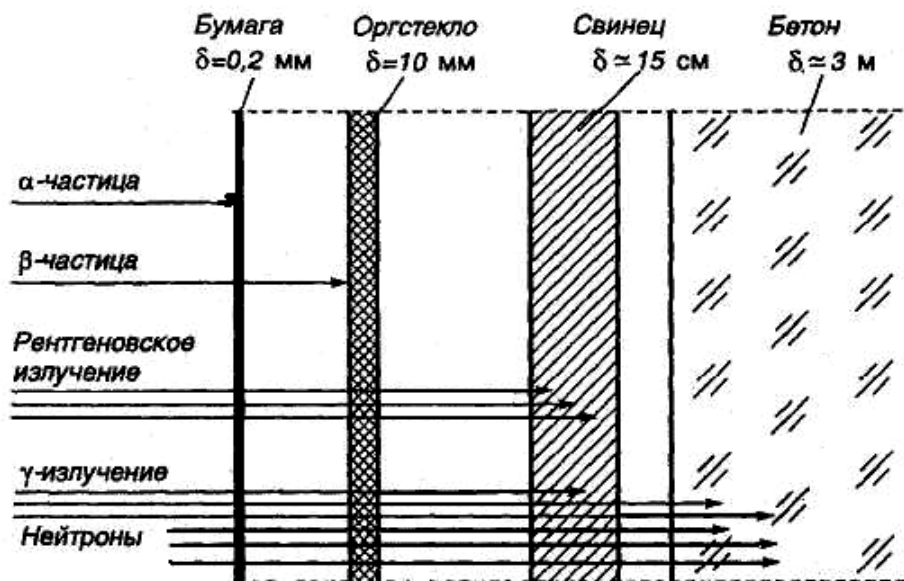


Рис. 5.9 - Якісна характеристика проникаючої здатності різних видів іонізуючого випромінювання [6].

Біологічний вплив іонізуючого випромінювання залежить не тільки від поглиненої дози випромінювання, але і від глибини проникнення в живий організм. Для цієї оцінки вводиться еквівалентна доза іонізуючого випромінювання  $D_{\text{екв}}$  (або  $H$ )

$$D_{\text{екв}} = D_{\text{п}} K = H,$$

де  $K$  — безрозмірний коефіцієнт якості випромінювання. Мінімальне значення  $K=1$  і відповідає випадку лінійної передачі енергії. Для інших випадків значення цього коефіцієнта рекомендовані Міжнародною комісією з радіаційного захисту (МКРЗ) (максимальне значення  $K=20$ ).

Поглинена доза  $D_{\text{п}}$  іонізуючого випромінювання (доза випромінювання) є відношенням енергії  $dE$ , поглиненої певним об'ємом, до маси  $dm$  речовини у певному об'ємі. Величина  $D_{\text{п}}$  - основна величина, що визначає ступінь радіаційного впливу.

### Біологічний вплив продуктів радіоактивності

Іонізуючі випромінювання являють серйозну небезпеку для живих організмів біосфери, особливо для людини. До цього різновиду фізичних полів потрібно виявляти особливу обережність, оскільки дуже часто радіоактивність,

не маючи кольору, запаху, смаку і т. п. (тобто не сприймаючись органами чуття людини), має підступний вплив на людський організм з летальним наслідком. Енергія іонізуючих випромінювань достатня для того, щоб викликати деструкцію атомних і молекулярних зв'язків у живій клітині, що дуже часто і призводить до її загибелі. *Чим інтенсивніше процес іонізації у живій тканині, тим більший біологічний вплив цього випромінювання на живий організм.* У результаті складних біофізичних процесів, що виникають під впливом іонізуючих випромінювань, в організмі утворюються різного роду радикали, які, у свою чергу, можуть утворювати різні сполуки, не властиві здоровій тканині. Крім того, викликане іонізуючою дією радіоактивності розщеплювання молекул води на водень і гідроксильну групу призводить до низки порушень у біохімічних процесах. Під впливом іонізуючих випромінювань в організмі можуть відбуватися гальмування функцій кровотворних органів, придушення імунної системи і статевих залоз, розлади шлунково-кишкового тракту, порушення обміну речовин, канцерогенні реакції.

При розгляді біологічного впливу радіоактивності розрізняють *зовнішнє і внутрішнє опромінювання*. Зовнішнім опромінюванням є випадок, коли джерело радіації знаходиться поза організмом і продукти радіоактивності не потрапляють всередину організму. При цьому найбільш небезпечні  $\beta$ -,  $\gamma$ -, рентгенівське і нейтронне опромінювання. Цей випадок на практиці реалізується при роботі на установках, що мають рентгенівське і  $\gamma$  - випромінювання, з радіоактивними речовинами, запаяними в ампулах і т.п.

*Ступінь прояву негативних біологічних ефектів знаходиться в прямій залежності від дози опромінювання, часу опромінювання, його типу, індивідуальної особливості організму.* Ураження шкіри рук може бути хронічним і гострим. Перші ознаки хронічної поразки: сухість шкіри, поява виразок, випадіння волосся, ламкість нігтів. При гострому променевому опіку кистей рук з'являються пухири, набряки, помертвіння тканини, довго не заживаючі виразки, на місці яких можуть утворюватись ракові пухлини. При жорсткому зовнішньому рентгенівському опромінюванні можливий летальний наслідок

без видимих змін шкірного покриву (в той час, як  $\alpha$  - і  $\beta$  - частинки викликають тільки шкірні ураження унаслідок незначної проникаючої здатності).

При попаданні радіоактивних продуктів всередину організму цей випадок відносять до *внутрішнього опромінювання*, яке є дуже небезпечним. При цьому відбувається ураження багатьох органів доти, доки радіоактивна речовина не розпадається або не лишить організм в результаті фізіологічного обміну. Можливі шляхи потрапляння продуктів радіоактивного розпаду всередину організму наступні: дихальними шляхами, пиття, їжа, паління. У окремих випадках внутрішнє опромінювання відбувається через шкіру.

Живі організми постійно піддаються опромінюванню за рахунок природного фону (космічне випромінювання, радіоактивне випромінювання надр Землі, радіонукліди атмосфери, гідросфери, літосфери і т.п.). *Фонове радіоактивне випромінювання* складається, головним чином, з трьох складових: *природного фону*, викликаного радіонуклідами біосфери; *техногенного фону*, викликаного діяльністю людини; *рентгенодіагностики*.

Середня річна еквівалентна доза фонового радіоактивного випромінювання складає приблизно (240-250) мбэр:

- внутрішнє опромінювання – приблизно 135 мбэр;
- джерела земного походження – 35 мбэр;
- космічне випромінювання – 30 мбэр;
- рентгенодіагностика – (35 – 40) мбэр;
- інші – (2 – 5) мбэр.

Захворювання, викликані дією іонізуючих випромінювань, поділяють на дві групи: *гострі* і *хронічні*.

*Гостре* променеве ураження виникає при опромінюванні великими дозами за короткий час. Перебіг гострої променевої хвороби, головним чином, проходить у чотири стадії:

- первинна реакція (через декілька годин після опромінювання з'являється нудота, запаморочення, блювота, прискорений пульс, лейкоцитоз, слабкість);

- прихована стадія (чим коротша ця стадія, тим важче результат хвороби, видиме благополуччя);

- стадія розпалу захворювання (нудота, блювота, сильне нездужання, висока температура (40 – 41 °C), кровотеча з ясен, носа і внутрішніх органів, різке зниження лейкоцитів);

- стадія одужання або летального наслідку.

*Хронічна* променева хвороба виникає при опромінюванні малими дозами протягом довгого часу і буває як загальною, так і місцевою. Її розвиток відбувається в прихованій формі. Розрізняють три ступені хронічної хвороби:

- легкий ступінь (незначні головні болі, слабкість, порушення апетиту і сну);

- другий ступінь променевої хронічної хвороби (посилення симптомів першого ступеня, порушення обміну речовин, серцево-судинні зміни, кровоточивість, розлад травних органів і т. п.);

- третій ступінь променевої хронічної хвороби (порушення діяльності статевих залоз, зміни в центральній нервовій системі, випадіння волосся, крововиливи і т. п.).

При одноразовому загальному опромінюванні можуть бути наступні наслідки:

- менше 50 бер — відсутність клінічних симптомів;

- 50 - 100 бер — незначне нездужання;

- 100 - 200 бер — легкий ступінь променевої хвороби;

- 200 - 400 бер — важкий ступінь променевої хвороби;

- 600 бер і більше — вкрай важкий ступінь (часто з летальним наслідком).

*Механічне забруднення* – забруднення середовища матеріалами, що мають лише механічний вплив без хімічних наслідків. Прикладами можуть служити: замулення водних об'єктів ґрунтами, потрапляння пилу в атмосферу, звалища будівельного сміття на земельній ділянці. На перший погляд, таке забруднення

може здаватися нешкідливим, але воно може викликати екологічні проблеми, усунення яких потребує значних економічних витрат.

*Біологічне забруднення* поділяють на *бактерійне* і *органічне*. *Бактерійне забруднення* – привнесення в середовище хвороботворних мікроорганізмів, сприяючих розповсюдженню захворювань, наприклад: гепатиту, холери, дизентерії і інших захворювань. Джерелами можуть бути недостатньо знезаражені каналізаційні стічні води, що скидаються у водний об'єкт.

*Органічне забруднення* – забруднення, наприклад, водного середовища речовинами, здатними до бродіння, гниття – відходами харчових, целюлозно-паперових виробництв, не очищеними каналізаційними стічними водами.

До біологічного забруднення також відносять *переселення тварин* в нові екосистеми, де відсутні їх природні вороги. Таке переселення може призвести до вибухоподібного зростання чисельності переселених тварин і мати непередбачувані наслідки.

*Геологічне забруднення* – стимулювання під впливом діяльності людини таких геологічних процесів, як підтоплення, осушення територій, утворення обвалів, просідання земної поверхні і т. ін. Такі порушення відбуваються в результаті видобутку корисних копалин, будівництва, витоків води і стічних вод з комунікацій, в результаті вібраційного впливу транспорту і інших впливів. Приведені дії необхідно враховувати при проектуванні в будівництві (виборі розрахункових характеристик ґрунтів, за розрахунком стійкості будівель і споруд).

*Хімічне забруднення* – зміна природних хімічних властивостей середовища в результаті викидів промисловими підприємствами, транспортом, сільським господарством різних забруднювачів. Наприклад, викиди в атмосферу продуктів згоряння вуглеводневого палива, забруднення ґрунтів пестицидами, скидання у водоймища неочищених стічних вод. Одними з найбільш небезпечних забруднювачів є *важкі метали* і *синтетичні органічні сполуки*.

*Важкі метали* – хімічні елементи, у яких висока щільність ( $> 8 \text{ г/см}^3$ ), наприклад: свинець, олово, кадмій, ртуть, хром, мідь, цинк і ін., вони широко використовуються в промисловості і дуже токсичні. Їх іони і деякі сполуки

легко розчиняються у воді, вони можуть потрапляти в організм і мати на нього негативний вплив. Основними джерелами відходів, що містять важкі метали, є підприємства по збагаченню руд, плавці і обробці металів, гальванічні виробництва.

*Синтетичні органічні сполуки* використовуються для виробництва пластмас, синтетичних волокон, розчинників, фарб, пестицидів, миючих засобів, вони можуть засвоюватися живими організмами і порушувати їх функціонування.

*Важкі метали* і багато *синтетичних органічних сполук* здатні до *біоаккумуляції*. *Біоаккумуляція* – це накопичення забруднювачів в живих організмах під час контакту їх із зовнішнім середовищем в дозах, які здаються нешкідливими.

*Біоаккумуляція* посилюється в харчовому ланцюзі, тобто рослинні організми засвоюють забруднювачі із зовнішнього середовища і акумулюють їх в своїх органах. Травоядні тварини, харчуючись рослинністю, отримують великі дози, хижаки – ще більші дози. У результаті в живих організмах, що стоять наприкінці харчового ланцюга, концентрація забруднювачів може бути в сотні тисяч разів більшою, ніж у навколишньому середовищі. Таке накопичення речовини при проходженні через харчовий ланцюг називають біоконцентрацією.

Небезпека біоаккумуляції і біоконцентрації стала відома в 60-і роки, коли виявили скорочення популяцій багатьох хижих птахів, тварин, що стоять наприкінці харчового ланцюга.



## **Тема 6. Екологічні проблеми енергетики**

### **6.1. Джерела енергії. Традиційна енергетика.**

#### **Екологічне проблеми теплової, атомної та гідроенергетики.**

##### **Джерела енергії**

*Джерела енергії*, які використовують для виробництва енергії, поділяють на *поновлювані* і *непоновлювані*.

До *непоновлюваних* джерел енергії відносять викопне паливо: вугілля, нафту, газ, торф, горючі сланці і ядерну енергію ділення урану та торія.

*Поновлювані* джерела енергії: енергія сонця, вітру геотермальна енергія, гідроенергія річок, різні види океанічної енергії (морських хвиль, припливів і відпливів, різниці температур води і ін.).

Ці дві групи джерел відрізняються за впливом на біосферу. *Поновлювані* джерела *невичерпні* і їх використання не порушує тепловий баланс Землі. Використання *непоновлюваних* джерел енергії призводить до підвищення температури на Землі, виснаження ресурсів, забруднення навколишнього середовища.

##### **Екологічні проблеми традиційної енергетики**

Основним способом отримання енергії на сьогодні є спалювання вугілля, та продуктів нафтопереробки, природного газу, горючих сланців *на теплових станціях (ТЕС)*. Приблизно 70% електроенергій виробляють на ТЕС. Теплоелектроцентралі (ТЕЦ) окрім електричної електроенергії виробляють теплову енергію у вигляді підігрітої води і пари.

У світовому масштабі *гідравлічні станції (ГРЕС)* забезпечують отримання близько 7% електроенергії.

*Атомні електростанції (АЕС)* виробляють близько 20% електроенергії, причому у ряді країн вона є переважаючою (Франція ~ 74%, Бельгія ~ 61%, Швеція ~ 45%).

В Україні з усіх видів енергопостачання найбільшого поширення набула теплоенергетика: встановлена потужність ТЕС – 67,5%, АЕС – 23,5%, ГЕС – 8,7%.

Собівартість виробництва енергії найнижча для ГЕС. Для ТЕС і АЕС вона ненабагато відрізняється і залежить від місця розташування станції, виду використовуваного палива, способів зберігання і утилізації відходів і інших чинників.

### **Теплова енергетика**

Вплив теплової енергетики на навколишнє середовище залежить від виду використаного палива. Найбільш чистим паливом є природний газ, далі слідує нафтопродукти, кам'яне вугілля, буре вугілля, сланці.

Забезпечення паливом України одна з найважливіших проблем. Наша країна забезпечена власним вугіллем ~ на 95-100%, природним газом ~ на 25% і нафтою ~ на 10%. Тому значна частина ТЕС працює на вугіллі. У результаті роботи ТЕС у зв'язку з недостатнім очищенням топкових газів і спалюванням низькосортного палива до атмосфери потрапляють різноманітні *газоподібні забруднювачі*, основні з них: чадний газ ( $\text{CO}$ ), вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ), оксиди нітрогену ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ), вуглеводні ( $\text{C}_m\text{H}_n$ ), а також високотоксична речовина бензапирен. ТЕС що працюють на вугіллі є також джерелом викидів діоксиду сірки ( $\text{SO}_2$ ). Потрапляння цих забруднювачів до атмосфери викликає масу екологічних проблем (*парниковий ефект, смоги, кислотні дощі, порушення озонового шару*).

При роботі ТЕС на вугіллі утворюються також зола, шлаки, для складування яких потрібні величезні території земель. Зола і шлак містять в своєму складі важкі метали, радіоактивні елементи в незначній кількості, які розносяться вітром і накопичуються на прилеглій території. Великі об'єми води витрачаються на ТЕС на охолодження агрегатів.

ТЕС є джерелом *теплового забруднення*. Вода, використана для охолодження агрегатів, проходить охолодження у градирнях, прудах – охолоджувачах і часка тепла скидається до водних об'єктів, зумовлюючи їх

теплове забруднення. Викиди великої кількості тепла і вуглекислого газу сприяють підвищенню температури на Землі.

Значні території земель відводяться при видобутку вугілля для складування порожньої породи. Відвали порожніх порід схильні до розпорошення, часто самозапалюються і є джерелом викидів до атмосфери продуктів їх згоряння.

### **Гідроенергетика**

Гідравлічні електростанції використовують поновлювану енергію падаючого потоку води, яка потім перетворюється на електричну. Основні екологічні проблеми ГЕС пов'язані *із створенням водосховищ і затопленням значних площ родючих земель.*

У результаті підвищення рівня води відбувається *підтоплення* прилеглих до водосховищ територій, заболочування, додаткове виведення з сільськогосподарського обороту земель. Особливо ці проблеми характерні для рівнинних річок. Так, наприклад, на Дніпрі створено шість водосховищ, в результаті 500 тис. га земель затоплено і близько 100 тис. га подтоплено і засолене. Із затоплених територій відселені жителі багатьох сіл, прокладені нові комунікації, дороги і т. д.

У гірських районах де водосховища переважно займають невеликі території, дія на навколишнє середовище ГЕС значно менше. У деяких країнах з гірським рельєфом значну частину енергії отримують за рахунок гідроенергетики (у Норвегії ГЕС забезпечують 97% електроенергій).

Із створенням водосховищ порушується *міграція прохідних риб* до своїх нерестовищ. Багато риби гине при потраплянні в лопатки турбін. У водосховищах відбуваються великі втрати води за рахунок випаровування із значних водних поверхонь. З підвищенням випаровування відбувається зниження температури, збільшення туманних явищ.

У водосховищах знижується ступінь *проточності води*, інтенсивності водообміну, що призводить до накопичення забруднювачів, погіршення якості

води. У них збільшується кількість органічних речовин за рахунок екосистем, що пішли під воду (деревина, інші рослинні залишки, гумус ґрунтів і так далі).

При створенні водосховищ знижується приток прісної води до морів, озер, куди впадають ці річки, це призводить до зниження рівня води в морях, збільшенню солоності води, загибелі багатьох видів риб.

### **Ядерна енергетика**

Ядерна енергетика до недавнього часу розглядалася як найбільш перспективна. Перша АЕС була введена в експлуатацію в Обнінську під Москвою у 1954 році. Потужність її складала 5000 квт. У середині 80-х років в світі нараховувалося більше 400 АЕС. За 30 років існування АЕС у світі відбулися три великі ядерні катастрофи: у 1957 р. – у Великобританії; у 1979 р. – у США і у 1986 р. – на Чорнобильській АЕС. Крім того, щорічно в світі на АЕС в середньому відбувається 45 пожеж. Після Чорнобильської катастрофи головну небезпеку АЕС почали пов'язувати з *можливістю аварій*. Окремі країни ухвалили рішення про повну заборону на будівництво АЕС. У їх складі Бразилія, Швеція, Італія, Мексика.

*Паливно-енергетичний комплекс АЕС* включає видобуток уранової руди, виділення з неї урану (збагачення), виробництво ядерного палива, використання його в ядерних реакторах, обробку, транспортування і утилізацію радіоактивних відходів.

*Радіоактивні відходи* утворюються на всіх стадіях паливно-енергетичного циклу і вимагають спеціальних методів поводження з ними. Найбільш небезпечним є відпрацьоване в реакторі паливо. У процесі згоряння ядерного палива вигоряє лише 0,5 – 1,5%, решту маси складають радіоактивні відходи. Частина їх піддається переробці, основна ж маса – похованню. Технологія поховання дуже складна і дорога.

АЕС є джерелом *теплового забруднення*. На одиницю продукції, що випускається на АЕС, в (2 – 2,5) рази більше викидів тепла, ніж на ТЕС. Об'єм підігрітих вод на АЕС також значно більший.

Термін експлуатації АЕС складає близько 30 років. Значні витрати потрібні для виведення АЕС з експлуатації. Головна частина розв'язання цього питання полягає в будівництві саркофага над ними і подальшого обслуговування його протягом тривалого часу.

## **6.2. Альтернативні джерела енергії.**

Вичерпання корисних копалин і високий рівень впливу на навколишнє середовище традиційної енергетики викликав у всьому світі пошук і використання нетрадиційних *альтернативних джерел енергії*.

До *альтернативних джерел енергії* відносять *поновлювані джерела* – *енергію сонця, вітру, геотермальну, океанічну, енергію біомаси, термоядерну енергію* та інші джерела.

*Енергія сонця.* Це практично невичерпне джерело енергії. Використання лише 1% сонячній енергії могло б забезпечити всі сьогоденні потреби світової енергетики. Головне – використовувати її таким чином, щоб її вартість була мінімальною. З удосконаленням технологій і подорожченням традиційних енергоресурсів ця енергія знаходитиме все ширше застосування.

Сонячну енергію можна використовувати в двох напрямках:

- пряме використання для опалювання, гарячого водопостачання;
- перетворення її на електричну.

Використання сонячного тепла найбільш простий і дешевий спосіб. Найбільш поширений спосіб отримання сонячної енергії за допомогою різного типу колекторів. Цілеспрямоване використання енергії сонця поки невелике, але інтенсивно збільшується.

Перетворення сонячної енергії на електричну здійснюється за допомогою *фотоелектричних перетворювачів (сонячних батарей)* або шляхом *нагрівання води до кипіння з отриманням пари*, що приводить в дію турбогенератори. Основні труднощі застосування фотоперетворювачів пов'язані з високою металоємністю, їх дорожнечою, а також необхідністю відведення для їх

розміщення великих територій. Сьогодні проводять дослідження по заміні металевих фотоперетворювачів еластичними синтетичними із використанням дахів і стін будинків для розміщення батарей.

Сонячна енергія використовується в автомобільному, морському, авіаційному транспорті, на космічних станціях і супутниках. Використання енергії сонця має велике майбутнє, але поки воно повинне розвиватися, удосконалюватися і знижувати собівартість енергії.

*Енергія вітру.* Використання вітрової енергії відоме із старовини, а останнім часом інтерес до неї значно зріс. Так, в США використовується декілька десятків тисяч вітрових агрегатів. Істотні потужності мають в своєму розпорядженні Великобританія, Німеччина, Данія, Нідерланди, Швеція та інші країни.

До теперішнього часу випробувані вітродвигуни різної потужності. Економічнішими є комплекси з невеликих вітрових установок, об'єднаних в одну систему.

Основні чинники впливу на навколишнє середовище – висока металоємність вітроприладів, відчуження великих земельних територій, вібраційний і шумовий вплив, загибель перелітних птахів під ударами лопатей. Особливо високий шумовий вплив виникає при експлуатації потужних установок.

З урахуванням екологічних чинників сонячні і вітрові електростанції вже сьогодні економічніші, ніж теплові і атомні.

*Геотермальна енергія* заснована на використанні глибинного тепла Землі. Вона може використовуватися у вигляді теплової енергії (наприклад, столиця Ісландії Рейк'явік отримує тепло виключно від гарячих підземних джерел) і для отримання електроенергії.

Геотермальні станції мають відносно просту будову, тут не потрібне паливо, золоуловлювачі. Пара, що відкачується зі свердловин, поступає в турбіни і приводить в дію електрогенератори. Основні екологічні проблеми геотермальних станцій пов'язані з відпрацьованими мінералізованими водами. За відсутності зворотного закачування відпрацьованих вод виникає небезпека засолення водних об'єктів, ґрунтів; також відбувається теплове забруднення навколишнього

середовища, просідання земної поверхні над геотермальним пластом, що розробляється. В Україні перспективними зонами для використання геотермальної енергії є Карпати, Закарпаття, Крим, проте цей напрям розвивається повільно.

*Енергія морів і океанів.* Енергетичні ресурси океану являють велику цінність як поновлювані і практично невичерпні ресурси. До них відноситься енергія приливів і відливів, хвиль, течій, різниці температур на різних глибинах. У наш час ця енергія використовується мало через високу вартість. Проте, інженерні розрахунки і проекти показують, що це енергія майбутнього і можливо використовувати її набагато ширше.

*Енергія біомаси.* У біомасі щорічно концентрується до 1% сонячної енергії, проте вона перевищує ту, яку людина отримує з різних джерел. Найбільш простий спосіб використання біомаси – пряме спалювання. Такий спосіб використовують у країнах, що розвиваються. Рациональнішою є переробка біомаси на біогаз, етиловий спирт. Шляхом анаеробного зброджування (без доступу кисню) органічних відходів (відходів тваринництва, опадів очищення каналізаційних стоків, рослинних сільськогосподарських відходів) отримують біогаз і осад, який використовують як добриво.

В Україні “біогазовий напрям” переробки численних органічних відходів, є перспективним для сільськогосподарських і комунальних підприємств.

## ***Тема 7. Антропогенний вплив на навколишнє середовище***

### **7.1. Антропогенний вплив на атмосферу, основні забруднюючі речовини, їх походження.**

*До основних забруднюючих речовин, що потрапляють в атмосферне повітря, відносять наступні:*

- оксид вуглецю (CO);
- оксиди нітрогену (NO<sub>x</sub>) (під загальною формулою NO<sub>x</sub>, зазвичай мають на увазі суму NO і NO<sub>2</sub>);
- діоксид сірки (SO<sub>2</sub>);
- вуглеводні (C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>);
- пил.

Ці речовини складають 98% від маси решти всіх забруднювачів і тому їх називають *основними*. *Основні забруднюючі речовини атмосфери мають природне і антропогенне походження.*

*Природне походження: виверження вулканів, ґрунтові процеси, поверхня моря, океанів, пилові бурі, лісові пожежі та ін., а для оксидів нітрогену – грозові розряди.*

*Антропогенне походження:*

*Оксид вуглецю (CO) – найпоширеніша і найбільш значна домішка атмосфери. Основна маса викидів CO утворюється в процесі згоряння палива – автотранспорт, ТЕС, котельні промисловість. Найбільш висока концентрація CO спостерігається на вулицях і площах з інтенсивним рухом транспорту. CO – агресивний газ, що легко з'єднується з гемоглобіном крові, утворюючи карбоксигемоглобін. При цьому погіршується гострота зору, порушуються функції головного мозку, діяльність серця, легенів, виникає головний біль, сонливість, порушується дихання. Ступінь впливу CO на організм людини залежить від тривалості дії і вмісту карбоксигемоглобіну. У атмосфері CO поступово окислюється до CO<sub>2</sub>.*



*Оксиди нітрогену ( $NO_x$ )* утворюються в процесі горіння при високій температурі при окисненні частини нітрогену, який знаходиться в атмосферному повітрі. Основними джерелами викидів  $NO_x$  є автотранспорт, ТЕС, промислові печі та ін. Іншими джерелами  $NO_x$  є промислові підприємства, що виготовляють азотні добрива, азотну кислоту, анілінові фарбники, виробництва віскозного шовку і ін.

При контакті оксидів азоту з водяною парою, поверхнею слизової оболонки утворюються кислоти, що може призвести до набряку легенів.

*Діоксид сірки ( $SO_2$ )*. На його частку припадає до 95% від загального об'єму сполук сірки, що поступають від антропогенних джерел. Основним джерелом є спалювання вугілля, мазуту на ТЕС, в котельнях, у промисловості. Іншими джерелами  $SO_2$  є металургія, будівельна промисловість, виробництво сірчаної кислоти і інші види промисловості.

Діоксид сірки подразнює слизову оболонку рота, око, у роті виникає неприємний присмак, при поєднанні з вологою повітря або слизової оболонки утворюється сірчиста кислота.

*Вуглеводні ( $C_mH_n$ )*. Головне техногенне джерело – пари бензину, метан, пентан, гексан – автотранспорт. При неповному згорянні палива відбувається також викид циклічних вуглеводнів, що мають канцерогенні властивості. Вуглеводні мають наркотичну дію, викликають головний біль, запаморочення, кашель, неприємні відчуття в горлі.

*Пил*. Основні джерела утворення *пилу* в атмосфері: будівельна промисловість, ТЕС, які споживають вугілля високої зольності, чорна і кольорова металургія, місця складування промислових і побутових відходів, автотранспорт, кар'єри видобутку корисних копалин, розроблені ґрунти і т. д. Розміри порошинок у повітрі складають від сотих часток до декількох десятків мікрометрів. Найчастіше до їх складу входять сполуки кремнію, кальцію, вуглецю, а також оксиди металів. Пил шкідливо впливає на людину, рослинний і тваринний світ, у людей можуть виникати специфічні захворювання.

## Глобальні екологічні проблеми, пов'язані із забрудненням атмосфери.

До глобальних екологічних проблем унаслідок забруднення атмосфери багато учених відносять:

- порушення озонового шару;
- парниковий ефект;
- кислотні дощі;
- смоги.

### *Порушення озонового шару.*

Озон  $O_3$  - газ, що входить до складу повітря, є третьою *алотропною* формою кисню. *Алотропія* - властивість деяких хімічних елементів існувати у вигляді декількох простих речовин різних за фізичними і хімічними властивостями, наприклад, вуглець існує у вигляді вугілля, графіту, алмазу. Дві інші алотропні форми - це атомарний кисень  $O$  і молекулярний кисень  $O_2$ . Газ синього кольору, в рідкому стані темно-синій, в твердому - синьо-фіолетовий. Озон був відкритий в 1840 р. відомим німецьким хіміком Христіаном Шенбейном. За його специфічний запах Шенбейн назвав його таким, що "пахне" (озон – по-грецьки “що пахне”). Малі концентрації озону в повітрі створюють відчуття свіжості, що можна відчувати після грози.

У присутності оксидів азоту токсичність озону збільшується в 20 разів. Розчинність озону у воді майже в 7 разів вище за розчинність кисню. У кислому середовищі розчинність озону падає, у лужному - зростає. Набагато вище розчинність озону у галогеновуглеводнях (залежно від температури в (2 - 1000) і більше разів). Цю властивість використовують при його зберіганні, оскільки озон вибухонебезпечний у всіх агрегатних станах.

В ультрафіолетовому спектрі озон має сильну смугу поглинання в інтервалі (0,2 - 0,3) мкм (200 – 300) нм з максимумом при довжині хвилі, яка дорівнює 0,255 (смуга Гартлея). У зв'язку з низькою енергією відриву атома  $O$  від молекули  $O_3$ , озон є сильним окислювачем. Він окислює всі метали, за винятком золота і металів платинової групи (сімейство елементів восьмої групи періодичної системи, що включає платину, рутеній, родій, паладій, осмій і

іридій; разом із золотом та сріблом вони складають групу благородних металів). Озон реагує з більшістю інших елементів, перетворює нижчі оксиди на вищі і т.д. Озон окислює багато органічних речовин - олефіни, ароматичні сполуки, насичені вуглеводні, спирти і ін., при цьому як проміжні речовини утворюються продукти приєднання озону, які називаються озонідами.

Загальна маса озону в атмосфері Землі  $4 \cdot 10^9$  т, тобто всього  $0.64 \cdot 10^{-6}$  від маси всієї атмосфери. Вміст озону ( $O_3$ ) у стратосфері (1-8) млн<sup>-1</sup> і порядку (1-100) млрд<sup>-1</sup> - у тропосфері.

Забруднююча діяльність людства поки серйозно торкнулася тільки *тропосфери* і *стратосфери*. У зв'язку з цим в нашому розгляді фігуруватимуть тільки *тропосферний* і *стратосферний озон*.

У літературі з аерономії (науки, що вивчає будову, фізику і хімію атмосфери, у тому числі і проблему озону) зустрічаються різні *одиниці вимірювання вмісту озону*: мікрограми на грами, приведені сантиметри, нанобари, міліметри ртутного стовпа і багато інших. Сьогодні найбільш поширені *наступні одиниці вимірювання*:

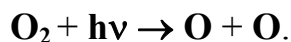
- для визначення кількості озону в будь-якій точці атмосфери користуються поняттям *концентрації озону*, тобто кількістю молекул в одному кубічному сантиметрі газу. Для тропосфери і стратосфери характерні коливання концентрацій  $O_3$  в межах ( $10^{11}$  -  $10^{12}$ ) см<sup>-3</sup>.

- для визначення загальної кількості озону в стовпі атмосфери користуються *одиницями Добсона* - скорочено *о.Д.*. Щоб зрозуміти фізичний сенс *одиниць Добсона*, потрібно уявити собі, що із стовпа атмосфери з одиничним перетином "витянули" усі молекули  $O_3$  і "посадили" їх на горизонтальну площину на поверхні Землі. Тоді вони покриють площину шаром, який дорівнює в середньому для всієї земної атмосфери 2.9 мм. Товщина цього шару в одну тисячну частку сантиметра і відповідає *одній одиниці Добсона*.

Чому ж відбуваються сезонні і широтні коливання в озоновому шарі?

Причиною таких коливань є фотохімічні і динамічні процеси, характерні для земної атмосфери. Розглянемо їх докладніше.

Під впливом ультрафіолетового випромінювання Сонця, яке ми позначимо  $h\nu$ , в атмосфері відбувається дисоціація молекули кисню на два атоми що можна виразити рівнянням



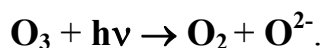
Атоми кисню, що утворилися, або з'єднуються знов між собою у присутності третьої молекули  $\text{M}$ , яка не бере участі в процесі, за формулою



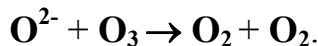
або взаємодіють з молекулою  $\text{O}_2$  (також у присутності іншого тіла), утворюючи молекулу озону за рівнянням



На озон, так само як і на молекулярний кисень, впливає сонячна радіація, під дією якої він руйнується



Окрім цього, будучи хімічно активними, атоми  $\text{O}$  і молекули  $\text{O}_3$  можуть активно взаємодіяти між собою за рівнянням



У останній реакції гинуть відразу дві кисневі активні частинки, що народилися в результаті попередніх реакцій, а утворюються молекули  $\text{O}_2$ , яких в атмосфері і так багато. Скільки врешті-решт буде в атмосфері молекул озону визначається як *швидкістю* його утворення, так і *швидкістю* його загибелі. Якщо сонячне випромінювання відсутнє або послаблено (ніч, зима, весна і осінь у високих широтах і так далі), усі руйнування молекул  $\text{O}_3$  визначаються їх взаємодією з атомами кисню (остання реакція).

Таку схему процесів для опису поведінки озону вперше запропонував в 1930 р. англійський геофізик Чепмен, тому вона отримала назву **цикл Чепмена**. Зараз в цикл Чепмена, що описує поведінку  $\text{O}$  і  $\text{O}_3$  в атмосфері, включають вже близько двох десятків реакцій, що враховують все особистості перебігу процесу, зокрема вплив і інших газів.

Знаючи потік сонячного випромінювання і константи хімічних реакцій, можна розраховувати *рівноважні концентрації озону* на різних висотах.

*Рівноважна концентрація* - це та концентрація, яка утворюється і існує за час життя мікрогазу в атмосфері при двох *фотохімічних реакціях*, що одночасно діють: *утворення і руйнування* молекул. Враховують і ще один чинник - «*час життя*» або «*час перебування*». *Час життя* (іонів, електронів, атомів, молекул) позначається зазвичай через  $t_{\phi}$ , і є часом, який дана частинка (наприклад, молекула озону) встигає проіснувати між народженням в одному процесі і загибеллю в іншому. Таким чином,  $t_{\phi}$  являє фотохімічний час життя озону, або час життя щодо фотохімічних процесів.

*Найбільший вплив на потужність озонного шару роблять вертикальні рухи повітря, пов'язані із загальною циркуляцією атмосфери.* Наприклад, потік повітря в стратосфері направлений униз. Але чим нижче, тим слабкіше джерела руйнування озону (ультрафіолетові активні сонячні промені поглинулися вище, атомів кисню мало), тим довше озон живе, та буде накопичуватися до великих концентрацій. Значить, східні потоки повітря в стратосфері повинні призводити до потовщення шару озону, тобто до збільшення його загальної кількості. Навпаки, при висхідних потоках повітря шар озону, що утворюється в максимумі, потраплятиме в ділянку з дуже коротким часом життя (ультрафіолетові сонячні променів більше, атомів також, тобто існують умови для здійснення руйнівних реакцій). Отже, при висхідних потоках шар озону повинен бути "тонким" і піднятим угору, а загальна кількість озону повинна бути менше, ніж при східних.

### **Зменшення шару стратосферного озону, озоноруйнуючі речовини.**

Людство повністю заселило планету. Заселило і забруднило. Забруднило Світовий океан, підземні і поверхневі води, ґрунти і приземне повітря. Діяльність людини загрожує стратосфері, а саме збереженню озонного екрану планети. Як показують дослідження останніх десятиліть, стратосферний озону стає менше.

Фахівці в багатьох галузях людської діяльності давно вже користуються терміном «тренд», який позначає тенденцію зміни деякого параметра в часі. Нас цікавить «тренд» *загальної кількості озону в стратосфері*, в яку сторону (зменшення або збільшення) він направлений і його величина.

Виділяти багаторічні «тренди» загальної кількості озону дуже важко, оскільки існує сильна міжрічна, сезонна, міждобова і навіть внутрішньодобова мінливість цієї величини. Пошук «тренда» йде на тлі регулярних і нерегулярних варіацій, які відрізняються не на 1-2, а на десятки відсотків.

Одні пов'язують зменшення озону із зменшенням сонячної активності в результаті 11-річного циклу, а інші - з антропогенними забруднювачами атмосфери. Яскравий приклад того, як забруднення атмосфери (глобальне за своїм характером) може призводити до катастрофічних локальних змін загальної кількості озону, є феномен його весняного зниження над Антарктидою, що отримав назву *озонної «дірки»*.

Розглянемо, в результаті яких антропогенних дій може руйнуватися озонний екран в стратосфері.

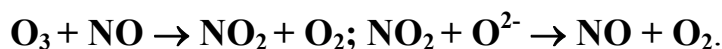
### **Ворожі озону сімейства: $\text{NO}_x$ , $\text{HO}_x$ , $\text{ClO}_x$ .**

*Каталіз* - явище зміни швидкості протікання реакцій, що викликається різними хімічними речовинами. Речовини, які прискорюють швидкість хімічних реакцій однією тільки своєю присутністю, а самі не змінюються, називаються *каталізаторами*, а ті, що своєю присутністю пригальмовують швидкість реакцій – *інгібіторами*. Саме такими каталізаторами в процесах руйнування стратосферного озону є групи оксидів нітрогену, водню і хлору, які позначають як "сімейства"  $\text{NO}_x$ ,  $\text{HO}_x$ ,  $\text{ClO}_x$ .

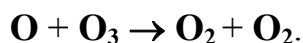
Ми обмежимося лише кінцевими з погляду обговорення шляху озону етапами каталітичних циклів. Проте треба мати на увазі, що приведені нижче каталізатори ( $\text{NO}$  і  $\text{NO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  і  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{ClO}^-$  і  $\text{Cl}^-$ ) утворилися в атмосферному повітрі в результаті інших реакцій за участю хімічних реагентів, що трапляють у атмосферу у вигляді продуктів природних процесів або антропогенного забруднення. Розглянемо ці каталітичні реакції.

У 1971 р. майже одночасно в наукових журналах з'явилися дві незалежні роботи, присвячені одній проблемі - збереженню озонного екрану стратосфери. Розглядаючи фотохімічні процеси, що перебігають в стратосфері,

американський вчений Гарольд Джонстон і німецький вчений Пауль Крушен звернули увагу на цикл з двох наступних реакцій:



Чим же цікаві ці реакції? Подивитеся на їх ліві частини. Загинула одна молекула оксиду нітрогену і одна молекула діоксиду нітрогену. А що ж в правій частині? З'явилися по одній молекулі **NO** і **NO<sub>2</sub>**. Значить, витрати ні оксиду, ні діоксиду нітрогену в цих двох реакціях не відбувається, ці речовини є каталізаторами. Що ж відбувається? Знов подивимося на ліві і праві частини реакцій. Зникли (вступили в реакцію) атом **O<sup>·</sup>** і молекула **O<sub>3</sub>** а утворилися дві молекули **O<sub>2</sub>**. Якщо записати те, що відбулося, у вигляді однієї результуючої реакції, то, очевидно, можна отримати наступну реакцію:



Ця реакція відіграє важливу роль у встановленні *рівноважної концентрації озону*. Відмінність системи двох попередніх реакцій від останньої реакції в тому, що ефективність систем залежить від концентрації оксидів азоту **NO<sub>2</sub>** і **NO**, виступаючих в ролі каталізатора. Очевидно, що при достатньо високих концентраціях **NO** і **NO<sub>2</sub>** швидкість загибелі **O<sup>·</sup>** і **O<sub>3</sub>** в результаті дії каталітичної системи двох реакцій може стати у багато разів вищою, ніж за останньою реакцією, яка відіграє в атмосфері важливу роль і визначає, як ми вже говорили, *рівноважну концентрацію озону*. Значить, *якщо ефект каталітичної системи сильніший за ефект останньої реакції*, то концентрація **O<sub>3</sub>** в атмосфері буде визначатися вже швидкістю загибелі **O<sup>·</sup>** і **O<sub>3</sub>** в системі реакцій і буде меншою, ніж у разі дії тільки останньої реакції. Наскільки буде меншою концентрація озону - це залежить тільки від того, наскільки великі будуть концентрації каталізаторів.

Це є спрощений виклад основної ідеї Джонстона і Крутцена. Зрозуміло, що якщо в результаті діяльності людини кількість оксидів нітрогену в стратосфері зростає вище певного рівня, рівноважна концентрація озону почне падати. У принципі неважливо, які конкретно оксиди нітрогену (**NO<sub>2</sub>**, **NO**, **N<sub>2</sub>O**)

потраплятимуть в атмосферу. У ході швидких реакцій з кисневими сполуками між оксидами нітрогену встановлюється внутрішнє співвідношення, тому для проблеми руйнування озону істотна лише сумарна кількість нітрогенних сполук, що потрапляють в атмосферу. Позначимо їх умовно  $\text{NO}_x$ .

Каталітичний цикл руйнування озону можливий за участі не тільки оксидів нітрогену  $\text{NO}_x$ , але також і оксидів водню. У цьому випадку каталітичний цикл виглядає так:



Виглядає все так, як з нітрогенним циклом. І сенс такий самий: іон гідроокислу  $\text{OH}^\cdot$  загинув - молекула перекису водню  $\text{H}_2\text{O}_2$  утворилася, молекула  $\text{H}_2\text{O}_2$  загинула - іон  $\text{OH}^\cdot$  відновився. Немає спаду ні  $\text{H}_2\text{O}_2$ , ні  $\text{OH}^\cdot$ . А молекули  $\text{O}_3$  і атоми  $\text{O}$  гинуть.

Таким чином, до циклу каталітичних процесів за участю оксидів нітрогену (нітрогенний цикл) додається ще і водневий цикл. У ньому, як і у разі нітрогенного циклу, беруть участь багато сполук що містять водень, які позначають зазвичай як сімейство  $\text{HO}_x$ .

Тобто, дві групи хімічних сполук антропогенного походження (сімейство нітрогену і сімейство водню) ведуть війну із стратосферним озоном.

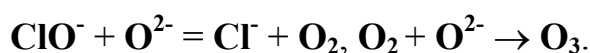
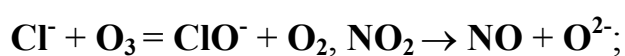
Але не тільки вони!!!

Взаємодія озону з атомами і молекулами атмосфери і її техногенними забрудненнями у присутності сонячної радіації призводить до руйнування озонового шару. Особливо сильний руйнівний вплив на нього мають галогено-вуглецеві сполуки, зокрема хлорфторвуглецеві речовини (фреони), які використовують в холодильній техніці. Виробництво найширше вживаних ХФВ (фреон-11 ( $\text{CFCl}_3$ ) і фреон-12 ( $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ )) швидко зростало аж до 1974 р., коли М. Моліна і Ф. Роуланд з Каліфорнійського університету в Ірвіне показали, що ХФВ можуть викликати руйнування озону. Подальше скорочення

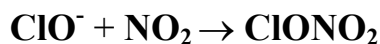


виробництва ХФВ відбулося в результаті активних виступів захисників навколишнього середовища проти використання аерозольних балончиків, що містять ХФВ. У США їх виробництво було остаточно заборонено в 1978 р. Починаючи з 1982 р. розширення інших галузей застосування ХФВ знову призвело до зростання їх світового виробництва. Нещодавно фреони розглядалися як ідеальні для практичного застосування хімічні речовини, оскільки вони дуже стабільні і неактивні, а тому - не токсичні. Як це не парадоксально, але саме *інертність цих сполук* робить їх *небезпечними для атмосферного озону*. ХФВ не розпадаються швидко в тропосфері (нижньому шарі атмосфери, який тягнеться від поверхні землі до висоти 10 км), як це відбувається, наприклад, з більшою частиною оксидів нітрогену і, врешті-решт, проникають в стратосферу, верхня межа якої розташовується на висоті близько 50 км. Коли молекули ХФВ піднімаються до висоти приблизно 25 км, де концентрація озону максимальна, вони підпадають під інтенсивний вплив УФ випромінювання, яке не проникає на менші висоти через екрануючу дію озону. Ультрафіолет руйнує стійкі в звичайних умовах молекули ХФВ, які розпадаються на компоненти, що мають високу реакційну спроможність, зокрема атомний хлор. Таким чином, ХФВ переносять хлор з поверхні землі через тропосферу і нижні шари атмосфери, де менш інертні сполуки хлору руйнуються, в стратосферу, до шару з найбільшою концентрацією озону. Дуже важливо, що хлор при руйнуванні озону діє подібно до каталізатора: у ході хімічного процесу його кількість не зменшується. Через це один атом хлора може зруйнувати до 100000 молекул озону, перш ніж буде дезактивований або повернеться в тропосферу.

Під дією короткохвильової сонячної радіації, присутньої за озоновим шаром, відносно стабільні фреони вивільняють атоми вільного агресивного хлору, вступаючого з озоном в каталітичну ланцюгову реакцію:



Оксиди нітрогену здатні руйнувати озон, проте, вони можуть реагувати і з хлором, причому в ході цієї реакції зміст озону не міняється. Більш важливою є інша реакція:



Хлористий нітрозил, що утворюється у її перебігу, є так званим *резервуаром хлора*. Хлор, що міститься в ньому, неактивний і не може вступити в реакцію з озоном. Врешті-решт, така молекула - резервуар може поглинути фотон або вступити в реакцію з будь-якою іншою молекулою і вивільнити хлор, але вона також може покинути стратосферу. Розрахунки показують, що якби в стратосфері були відсутні оксиди нітрогену, то руйнування озону йшло б набагато швидше. Інший важливий *резервуар хлору* - *хлористий водень* **HCl**, що утворюється при реакції атомарного хлору і метану **CH<sub>4</sub>**.

Реакції подібного роду згубні для озону, що призводить до зростання згубної біологічної дії короткохвильового УФ випромінювання. У наш час повсюди вживають заходів з обмеження викидів в атмосферу галогеновміщуючих сполук. Негативну дію на стан озонового шару мають польоти космічних кораблів, ракетні двигуни яких викидають у великих кількостях в тропосферу і стратосферу такі «забруднювачі», як: **HCl**, **Cl**, **NO**, **CO**, **CO<sub>2</sub>**, аерозолі і т. п. На частку цих запусків припадає поки 5 — 7% від загального фону забруднення атмосфери транспортними засобами всіх видів, але із збільшенням їх кількості збільшується згубний вплив на озоновий шар і всю атмосферу в цілому. Безумовно, не можна відмовитися від розвитку аерокосмічного комплексу, тому зараз ведуться дослідження по створенню оптимальних рецептур ракетних палив, нових типів двигунів, принципово нових способів виведення супутників на навколоземні орбіти.

Певний внесок до руйнування озонового шару роблять високоенергійні потоки протонів. Їх взаємодія з атмосферним середовищем призводить до зменшення кількості озону. Негативний вплив на стан озонового шару мають викиди в атмосферу хімічної і електронної промисловості.

Отже, ми тепер знаємо, що у стратосферного озону є три вороги - три фотохімічні цикли (нітрогенний, водневий і хлорний), три сім'ї радикалів  $\text{NO}_x$ ,  $\text{HO}_x$  і  $\text{ClO}_x$ , ряди яких безперервно поповнюються за рахунок викидів у атмосферу нових видів і об'ємів забруднюючих речовин. Здавалося б, під дружним натиском трьох ворогів шар озону давно повинен бути зруйнований. Але, на щастя для нас з вами, натиск не такий вже тотальний. Або навіть зовсім не тотальний. *Ефект дії трьох циклів не рівний сумі ефектів окремих циклів.* Реакції, що протікають між членами різних сімейств (наприклад, між  $\text{NO}_2$  і  $\text{ClO}^-$ ), немов би відволікають хімічно активні радикали від взаємодії з озоном. Так, цикл реакцій окислення метану  $\text{CH}_4$  сильно впливає у верхній стратосфері на кількість вільного хлора, а реакція  $\text{NO}_2$  з хлором, що дає неактивний по відношенню до озону  $\text{ClONO}_2$ , послаблює вплив на озон обох циклів - і азотного, і хлорного. Але не дивлячись на такі "розбіжності" в стані ворогів озону, над стратосферним озоном (а це означає - над усіма нами) нависла реальна небезпека. Концентрації сполук сімейств  $\text{NO}_x$ ,  $\text{HO}_x^-$ , і особливо  $\text{ClO}_x^-$  в стратосфері неухильно зростають, в результаті зростає швидкість руйнування озону в хімічних реакціях. Більш того, окрім вказаних трьох сімейств, такими ж каталізаторами є бром ( $\text{Br}$ ) і оксид броду ( $\text{BrO}^-$ ).

Постійний контроль за станом озонового шару - необхідна умова охорони навколишнього середовища. У цьому плані велике значення має метод лазерного зондування профілів стратосферного озону, що дозволяє отримати інформацію, що не отримується традиційними озонозондами.

### **Парниковий ефект**

Парниковий ефект атмосфери зумовлений як природними причинами, так і причинами антропогенного походження.

Причини, що викликають природний парниковий ефект: пропускаючи до земної поверхні короткохвильову сонячну радіацію, атмосфера поглинає довгохвильове випромінювання земної поверхні і таким чином створює захисну вплив атмосфери у процесі променевого теплообміну Землі зі світовим простором.

Саме ж поглинання довгохвильового теплового випромінювання Землі багато в чому залежить від вмісту в атмосфері оптично активних газів, таких як водяна пара, метан, озон, вуглекислий газ, ХФВ і ін. Зростання  $\text{CO}_2$  в атмосфері, починаючи з 1860 року і по сьогоднішній день, зумовлений антропогенними причинами.

Протягом тисячоліть господарська діяльність людини пристосовувалася до навколишніх кліматичних умов, але не зважала на те, чи впливає це на клімат позитивно або негативно. Коли населення Землі було порівняно невеликим і енергетична озброєність людини була малою, здавалося, що антропогенний вплив людської діяльності на природу не може впливати на стійкість клімату. Але в XX ст. діяльність людини все більше набувала таких масштабів, що постало питання про ненавмисну дію господарської діяльності людини на клімат. Вплив на клімат мають наступні, такі, що набули глобального характеру процеси:

- відкриття величезних масивів землі, що викликає зміну альbedo, швидку втрату вологи, під'йом пилу в атмосферу;
- знищення лісів, особливо тропічних, що впливає на відтворення кисню, зміну альbedo і випаровування;
- перевипасання худоби, що перетворює степи і савани на пустелі, внаслідок чого міняється альbedo, висушується ґрунт;
- спалювання викопного органічного палива і надходження в атмосферу  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ;
- викидання в атмосферу промислових відходів, що змінюють склад атмосфери, збільшують вміст радіаційно-активних газів і аерозолів. Останні два процеси збільшують парниковий ефект.

У зв'язку з цим в 30-50 роки XXI століття очікується подвоєння вмісту вуглекислого газу в атмосфері і, як наслідок, очікується зміна середньої глобальної температури нижнього шару атмосфери. За даними вчених, порівняно з минулим століттям очікується наступне глобальне потепління нижніх шарів атмосфери в результаті парникового ефекту антропогенного походження: у 2025 році на 2 - 3 °C; у 2050 році на 3 - 4 °C. Особливу тривогу викликає прогресуюче збільшення  $\text{CO}_2$ , фторхлорвуглеводнів, метану, закису нітрогену і озону, які створюють

парниковий ефект. Оцінки, зроблені в 2001 р., показують, що в атмосфері з 1750 р. по 2000 р. збільшилися концентрації вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ) — на 31%, метану ( $\text{CH}_4$ ) - на 151%, закису нітрогену ( $\text{NO}_2$ ) - на 17%. З 1995 р.

продовжується зростання малих газових домішок, що також мають парниковий вплив і сприяють зменшенню вмісту озону. Збільшення концентрації цих газів дає радіаційне підвищення температури атмосфери.

З іншого боку, природний (виверження вулканів) і антропогенний (викиди господарської діяльності) аерозоль що викидається в атмосферу сприяє зниженню температури атмосфери. Проте окремі вулканічні виверження не мають довготривалого впливу, але антропогенний аерозоль, який в індустріальну епоху викидається постійно, збільшує концентрацію аерозоля і головним чином  $\text{SO}_2$ , особливо в середніх широтах Північної півкулі.

Окрім цих радіаційних впливів потрібно враховувати і зміну притоку сонячної радіації, яка з 1750 р. збільшилася на  $0,3 \text{ Вт/м}^2$ . Усі згадані радіаційні впливи роблять внесок до зміни клімату, що призводить у результаті або до потепління, або до похолодання. Причому просторовий масштаб цього внеску різний: якщо зміна притоку сонячній радіації або збільшення концентрації вуглекислого газу діють глобально, то антропогенні викиди аерозоля спочатку мають локальне розповсюдження і діють локально.

Ясно, що  $\text{CO}_2$  і інші радіаційно-активні гази завдяки парниковому ефекту призводять до нагріву поверхні Землі і нижньої атмосфери, а це, поза сумнівом, призведе до зміни клімату. Для того, щоб уявити собі, що ж буде з кліматом надалі, важливо оцінити величину викиду цих газів в атмосферу.

Величина викиду  $\text{CO}_2$  в атмосферу залежить від витрат викопного палива (нафти, газу, вугілля) і з високою вірогідністю визначатиме зростання концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері в XXI столітті.

Викид в атмосферу парникових газів і аерозолів залежить від розвитку людства в XXI ст., який, у свою чергу, визначатиметься демографічними, економічними і технологічними чинниками. Відповідно до деяких сценаріїв

концентрація  $\text{CO}_2$  в атмосфері до 2100 р. може досягти 540—970 млн<sup>-1</sup>, тобто його концентрація буде на 90—250% більше, ніж у доіндустріальний час.

Зростання концентрації інших парникових газів також залежить від конкретного сценарію. Так, до 2100 р. концентрація  $\text{CH}_4$  може змінитися від — 190 до 1970 млрд<sup>-1</sup>,  $\text{N}_2\text{O}$  — від 38 до 144 млрд<sup>-1</sup> і тропосферного озону від — 12 до 62% відносно їх концентрацій у 2000 р. У деяких сценаріях концентрація озону в Північній півкулі може досягти гранично припустимого для життя людини рівня. Частка  $\text{CO}_2$  в сумарному радіаційному впливі протягом усього ХХІ сторіччя зростатиме від половини до двох третин. Антропогенний аерозоль може і збільшуватися і зменшуватися залежно від заходів щодо обмеження викидів аерозолів у атмосферу і способів використання викопного палива.

Щоб оцінити можливі антропогенні зміни клімату, потрібно мати кількісну теорію клімату. В якості такої теорії у наш час створені математичні моделі клімату різної складності, що ґрунтуються на фізичних законах, виражених диференціальними рівняннями в часткових похідних. Сучасні глобальні кліматичні моделі (ГКМ) складаються з моделей атмосфери, океану, верхніх шарів суші, кріосфери і біосфери, що взаємодіють один з одним.

За розрахунками різних ГКМ середня глобальна температура протягом 1990 – 2100 рр. може підвищитися на (1,5–5,8)°С. Таке потепління не зустрічалося протягом останніх десяти тисяч років. При такому зростанні температури над землею кулею над сушею потепління буде ще більшим і особливо у високих широтах в холодну пору року. Кількість опадів, ймовірно, збільшиться в субтропічних широтах Північної півкулі і в Антарктиді взимку. У низьких широтах можливі як посилення, так і ослаблення опадів — залежно від сценаріїв викидів. Влітку температурні зміни у високих широтах будуть майже в два рази меншими, ніж узимку. У зоні між екватором і 60-ою паралеллю температурні відхилення будуть незначними. Наприклад: взимку в Північній півкулі вище за 60-у паралель при глобальному потеплінні на (1–3)°С можливе підвищення регіональної температури нижніх шарів атмосфери на (6 – 10)°С. Таке підвищення температури нижніх шарів атмосфери в цьому регіоні призведе до повного танення льодовиків

у Північному Льодовитому океані. Очікується подальше скорочення сніжного і крижаного покриву в Північній півкулі. Льодовики, виключаючи крижані щити Гренландії і Антарктиди, у XXI ст. відступатимуть. Нарешті, протягом 1990 – 2100 рр. очікується підвищення середнього рівня Світового океану на (14–80) см (в середньому на 47 см), що в 2 – 4 рази перевершує приріст рівня в XX столітті.

### **Кислотні дощі.**

Кислотний дощ – одна з найбільш важких форм забруднення навколишнього середовища, небезпечна хвороба біосфери! Термін «кислотні дощі» вперше введений британцем Робертом Ангусом Смітом в 1872 р. Кислотні дощі є наслідком взаємовпливу різних сфер Землі: атмосфери, гідросфери, літосфери і біосфери. Кислотні дощі – це планетарний процес, який існував і існує в природі незалежно від діяльності людини, але в останні десятиліття набагато збільшений саме діяльністю людини. Кислотні дощі прямо пов'язані з кругообігом речовин на Землі. Особливо активно процеси кругообігу окремих хімічних елементів і сполук здійснюються в атмосфері. Кругообіг різних речовин в атмосфері може супроводжуватися різними трансформаційними процесами. Викинуті в атмосферу гази або дисперсні тверді частинки можуть в результаті взаємодії між собою або з вологою повітря трансформуватися і випадати не тільки з вологими опадами, але і «сухим» способом.

Спостереження показали, що кількість вологих і сухих опадів однакова. А для різних екологічних систем, чутливих до підкислення, байдуже, яким – сухим або мокрим шляхом потраплять до них забруднюючі речовини. Тому правильніше говорити про *кислотну седиментацію*, а не про кислотні дощі.

**Седиментація** – це осідання частинок у рідині або газі, що відбувається під впливом сил тяжіння і здійснюється зазвичай з дуже невеликою швидкістю.

Головним чином до газів, що спричиняють у атмосфері до кислотну седиментацію, відносять вуглекислий газ, а також мікрогази, що містять сполуки сірки і нітрогену. Мікрогазами або мікроречовинами їх називають тому, що вміст цих газів в повітрі вимірюється мільйонними долями відсотка. Проте, не

дивлячись на свою малу концентрацію, вони можуть помітно впливати на фізичний або хімічний стан окремих ділянок атмосфери. Потім, переносячись з масами повітря, випадати в тому або іншому агрегатному стані далеко від місця їх емісії і активно впливати на води, ґрунти, спори, рослини і зрештою на здоров'я людини. У екології *надходження до атмосфери різних невластивих їй за складом речовин* називають *емісією*, а *випадання з атмосфери цих речовин* називають *депозицією*.

Приклади шкідливого впливу кислотних дощів: у Канаді через часті кислотні дощі стали мертвими більше 4000 озер, а 12000 озер знаходяться на межі загибелі, а в Швеції в 18000 озерах порушена біологічна рівновага.

### **Основні компоненти кислотних дощів.**

*Діоксид сірки ( $\text{SO}_2$ )* - найбільш поширена забруднююча речовина антропогенного походження. Він головним чином бере участь у формуванні кислотних дощів. Важливу роль відіграють сульфатні аерозолі. Оскільки утворення сірчистої кислоти з газоподібного діоксиду сірки відбувається при перебігу фотохімічних реакцій за участю іонів  $\text{HO}^\cdot$ , то швидкість утворення кислоти залежить від часу доби і пори року. У літній період швидкість перетворення не дуже велика - 50% атмосферного викиду діоксиду сірки переходить в кислоту за 180 г. Тому при невеликій швидкості вітру (до 1 м/сек) діоксид сірки, перш ніж повністю перетворитися на сульфит-аніон, може розповсюджуватися з масами повітря на великі відстані. Особливо велика концентрація діоксиду сірки в районах, де розташовані великі теплові станції і металургійні заводи.

*Оксид і діоксид нітрогену ( $\text{NO}_x$ )*. Основна кількість оксидів нітрогену антропогенного походження виділяється у вигляді оксиду і значно менша частина - у вигляді діоксиду. Оксид нітрогену швидко окислюється до діоксиду. У літній період при інтенсивному сонячному опромінюванні швидкість перетворення діоксиду нітрогену на кислоти вельми велика - 50% діоксиду переходить в кислоту протягом 10 – 12 г. Унаслідок високої розчинності у воді (хмари, дощ) і сорбції на зволжених поверхнях, азотна та азотиста кислоти швидко випадають на поверхню. Вміст оксидів нітрогену у промислових і



сільськогосподарських регіонах неоднакова. У містах середньорічна концентрація набагато вища, ніж у сільськогосподарських районах.

*Озон ( $O_3$ )* - один з найбільш небезпечних компонентів, що забруднюють повітря в тропосфері, який активно залучається до окислювальних процесів і є сильним фітотоксином. У нижньому атмосферному шарі озон утворюється у фотохімічних процесах за участю діоксиду нітрогену і летючих органічних сполук. Тому найбільш високі концентрації озону спостерігаються у промислових районах, а також у високогірних районах з інтенсивною сонячною радіацією.

*Пероксид водню ( $H_2O_2$ )* - основний окислювач діоксиду сірки в рідкій фазі. Найменша концентрація його спостерігається біля поверхні ґрунту. На висоті 3000 м вона значно вища. Є відмінності і в концентрації пероксиду водню в теплому і холодному фронті хмарного шару. На висоті більше 3000 м вона практично не змінюється. Влітку концентрація пероксиду водню на порядок вища, ніж узимку. У ряді випадків концентрація пероксиду водню вночі на 10-15% вище, ніж удень.

Природні опади зазвичай підкислені, за відсутності забруднювачів **pH** дощової води дорівнює 5,6.

*Кислотними* називають будь-які опади, кислотність яких вище природної, тобто за **pH** < 5,6. Останнім часом середнє значення **pH** опадів складає (4 – 4,5), а іноді воно знижується до 3 і навіть нижче. Максимальна зареєстрована кислотність опадів у Західній Європі – **pH** = 2,3 (для порівняння, домашній оцет має **pH** = 2,3).

Кислотні дощі випадають у всіх промислових районах світу і впливають у цілому на екосистеми наступним чином:

- Порушують восковий покрив листя, що робить їх уразливими для комах, грибів та інших патогенних організмів.
- Вилужують біогени з листя, гілок, ґрунтів і виснажують їх. Вплив кислотних дощів знижує стійкість дерев до засух, хвороб, природних забруднень, що призводить до ще більш вираженої деградації їх як природних екосистем.

Кислотні дощі вилужують також з ґрунту токсичні метали – свинець, кадмій, алюміній та ін., розчиняють їх, а надалі вони засвоюються живими організмами, передаються харчовим ланцюгом і негативно на них впливають. Розчинені забруднювачі легко проникають в підземні і поверхневі води.

Кислотні дощі впливають на ґрунтові організми, уповільнюють їх активність, а також впливають на процеси розкладання і мінералізації детриту.

Під дією кислотних дощів відбувається закислення прісних вод. Підвищення кислотності впливає на популяції різних видів риби, призводить до загибелі фітопланктону, різних видів водоростей і інших мешканців вод.

Кислотні дощі руйнують предмети, конструкції з металу (у містах корозія металу відбувається в десятки разів швидше, ніж у сільській місцевості), впливають на будівлі, споруди, пам'ятники архітектури.

### **Смоги.**

*Атмосферне явище накопичення в повітрі нижньої тропосфери первинних антропогенних забруднювачів і подальше вторинне забруднення тих же мас повітря продуктами хімічних і фотохімічних реакцій, що відбуваються на основі первинних забруднювачів, отримало назву **смог**.*

Ця назва відбулася від поєднання двох англійських слів "smoke" - дим, кіптява і "fog" - густий туман. Насправді смог - це не туман і не дим, це самостійне природне явище антропогенного походження. Переважно, смоги утворюються в повітряному просторі великих міст. Проте останні десятиліття у зв'язку із зростанням автомобільного і авіаційного транспорту смоги почали захоплювати навіть окремі регіони.

Розрізняють *три види смогів*.

*Лондонський або вологий смог*, основні первинні складові якого - сірчаний ангідрид ( $\text{CaSO}_4$ ), пилеваті частинки сажі і краплі туману.

*Аляскінський або крижаний смог*, основні первинні складові якого – газоподібні забруднювачі, пилеваті частки сажі і кристали льоду, що виникають при замерзанні крапель туману і пари опалювальних систем.

*Лос-Анджелесський фотохімічний або сухий смог* основні первинні складові якого - оксиди нітрогену і вуглеводні. Накопичення цих і інших забруднювачів в повітрі нижньої тропосфери під впливом сонячної радіації призводить до вторинного забруднення повітря продуктами фотохімічних реакцій. Так, оксиди нітрогену (перш за все отруйний діоксид нітрогену  $\text{NO}_2$ ), що з'єднуються за участю ультрафіолетової сонячної радіації з вуглеводнями, утворюють *пероксиацетилнитрат (ПАН)* і інші фотохімічні окислювачі, такі як *пероксибензоилнитрат (ПБН)*, перекис водню ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) та ін.

Іншим основним компонентом *фотохімічного смогу* є *тропосферний озон*. Озон - один з найбільш небезпечних компонентів смогу, таких, що забруднюють повітря, він активно включається до окислювального процесу і є сильним фітотоксином. Уже порівняно давні натурні спостереження показали істотне зростання концентрації озону в забрудненому повітрі міст за "смогових" ситуацій.

Аналіз вмісту озону в атмосфері великих міст виразно показує зв'язок між швидкістю його утворення і освітленістю - вранці низька концентрація озону, а до полудня вона підвищується і досягає максимуму. При цьому рівень концентрації пропорційний концентрації оксидів нітрогену.

Взимку, навіть при високій концентрації діоксиду нітрогену, через слабку освітленість швидкість утворення озону невелика. На швидкість генерації озону у великій мірі впливає вміст в повітрі чадного газу та метану.

Наявність у складі смогу **ПАН**, діоксиду нітрогену і йодистого калія надає йому коричневий відтінок. При конденсації **ПАН** випадає на землю у вигляді клейкої рідини, що згубно впливає на рослинний покрив. Взагалі всі окислювачі, в першу чергу **ПАН** і **ПБН**, сильно подразнюють і викликають запалення слизової оболонки очей, і в комбінації з озоном подразнюють носоглотку, призводять до спазмів грудної клітки, а при високій концентрації (більше  $3 \text{ мг/м}^3$ ) викликають сильний кашель і послабляють можливість зосередження.

У містах, схильних до утворення смогових ситуацій, неухильно зростає кількість хворих, страждаючих такими захворюваннями, як хронічний бронхіт, емфізема легенів, різноматітні алергічні захворювання і рак легенів.

## 7.2. Антропогенний вплив на ґрунти та його наслідки.

### Деградація ґрунтів.

*Деградація ґрунтів* – це зниження родючості. Вона відбувається при засоленні, ерозії, запустинюванні, забрудненні, порушенні земель при будівництві, видобутку корисних копалин, складуванні відходів і так далі

*Засолення ґрунтів.* Ґрунти, що містять в своєму складі легкорозчинні солі в кількості, шкідливій для рослин, називаються *засоленими*. При сильному засоленні ґрунтів виживають окремі рослини. Засолення ґрунтів може бути *природне* або *антропогенне (вторинне)*.

*Природне* засолення відбувається при формуванні ґрунтів на засолених колишніх морських породах, наприклад, прикаспійські, присивашські ґрунти. Також засолення розвивається при неглибокому заляганні мінералізованих ґрунтових вод, підтопленні ґрунтів (вода випаровується, а солі накопичуються).

*Вторинне* засолення відбувається в посушливих районах при невмілому зрошуванні ґрунтів, при перевитраті води на полив, а також при створенні водосховищ, що призводить до підйому рівня ґрунтових вод, заболочування і вторинного засолення. В Україні засолені ґрунти є уздовж дніпровських і дністровських водосховищ.

Вторинне засолення часто супроводжується забрудненням ґрунтів важкими металами, пестицидами, нітратами які потрапляють ґрунти із зрошувальних систем і ґрунтових вод. У світі до процесів засолення схильні близько 30% зрошуваних земель.

*Ерозія ґрунтів.* *Ерозія* – це процес руйнування і вимивання верхнього найбільш родючого шару ґрунту потоками води (*водна ерозія*) або ушкодження вітром (*вітрова ерозія*).

*Водна ерозія* розвивається на схилах, виникає вона під дією тимчасових потоків води – опадів, талих вод, які не встигають вбиратися ґрунтом. Розрізняють *нормальну геологічну* і *прискорену антропогенну* ерозію.

*Нормальна геологічна ерозія* відбувається при повільному, невеликому змиві опадами часток ґрунту, вкритого природною рослинністю. При цьому значна частина опадів вбирається ґрунтом, невелика втрата ґрунту відновлюється в процесі біологічного кругообігу речовин.

*Прискорена антропогенна ерозія* пов'язана з видаленням природної рослинності, розорюванням степів, особливо важкою ґрунтообробною технікою, що руйнує структуру ґрунту, надмірним випасом худоби.

Розрізняють *поверхневу* і *яружну* ерозію. При *поверхневій ерозії* опадами змивається верхній шар ґрунту, гумусовий шар скорочується і ґрунт виснажується.

*Яружна* ерозія розвивається там, де рельєф місцевості сприяє скупченню поверхнево стікаючої води. Відбувається розмив ґрунтів по глибині, утворюються розриви, промоїни, а потім яри. Така ерозія призводить до повного знищення ґрунтів.

Найінтенсивніше ерозія розвивається навесні, коли талі води змивають верхній шар ґрунту, що відтанув і не просочуються в нижній мерзлий шар, який ще не відтанув. Також небезпечні ливневі дощі в період слабкого розвитку рослинності, коли ґрунт не закріплений кореневою системою.

Екологічний збиток від водної ерозії величезний. Виснажуються і знищуються цінні сільськогосподарські ґрунти, знижується їх врожайність, замулюються річки і водосховища. В Україні до водної ерозії схильні великі площі земель. Це пов'язано з горбистим рельєфом і високим ступенем розорювання степів. Водна ерозія поширена в Харківській, Хмельницькій, Вінницькій, Черкаській областях, а також в гірських районах Криму і Карпат.

Змивання гумусового шару значно знижує врожайність ґрунтів – при змиванні ґрунтового шару до 5 см врожайність знижується ~ на 20%, при змиванні на (5 – 10) см – на ~ 50%, при змиванні на більш, ніж 10 см – до 80%.

*Вітрова ерозія (дефляція)* поширена в районах недостатнього зволоження, високих літніх і весняних температур, де періодичні засухи поєднуються з сильними вітрами. При вітровій ерозії відбувається видування верхнього найродючішого шару ґрунтів. *Інтенсивність вітрової ерозії* залежить від швидкості вітру,

наявності рослинного покриву, рельєфу і інших чинників. Величезний вплив на її розвиток мають антропогенні чинники – знищення рослинності (орання), випас худоби, неправильне застосування агротехнічних засобів і методів.

Розрізняють *місцеву повсякденну ерозію і пилові бурі*.

*Пилові бурі* виникають при дуже сильних вітрах, *швидкість вітру* може досягати 20-40 м/с. Пилові бурі завдають непоправної шкоди ґрунтам, вони здатні за декілька годин видувати до 500 т ґрунтів з 1 га ріллі або знести весь родючий шар ґрунту.

*Повсякденна місцева вітрова ерозія* проявляється без бурь у вигляді поземок і стовпів пилу - при невеликих швидкостях вітер немов мете землю при цьому поволі і методично руйнується ґрунт.

У результаті вітрової ерозії у складі ґрунту збільшується вміст піщаних фракцій і зменшується – пиловатих. Врожайність ґрунтів знижується, як і при водній ерозії. В Україні вітрова ерозія поширена на півдні і південному сході країни і зумовлена сухістю, сильними вітрами і неправильним веденням сільського господарства.

***Забруднення ґрунтів.*** ґрунти акумулюють усі забруднювачі, що поступають від різних джерел. Розрізняють забруднення *промислове, сільськогосподарське і радіоактивне*.

*Промислове забруднення.* Ґрунт забруднюється продуктами викидів в атмосферу з промислових підприємств, які потім вимиваються опадами або осідають на ґрунт. До основних джерел забруднювачів відносяться ТЕС, автотранспорт, металургійна, коксохімічна, будівельна, харчова і інші галузі промисловості. До інтенсивних забруднювачів ґрунтів відносять відходи виробництва. Мільйони тонн відходів складаються в сховища, вони постійно пилять, пил переноситься вітром на великі відстані і осідає в ґрунт.

Забруднення нафтопродуктами відбувається при їх видобутку, транспортуванні і використанні.

*Сільськогосподарське забруднення ґрунтів* може відбуватися при застосуванні добрив (наприклад, відходи тваринницького комплексу) і при

використанні пестицидів. При внесенні наднормативних доз добрив вони можуть досягти небезпечних концентрацій у ґрунтах і продуктах харчування, а також потрапляти в підземні або поверхневі води. Тому потрібно точно розраховувати дози добрив. Небезпечні відходи тваринницьких комплексів, що містять велику кількість нітратів.

*Пестициди (отрутохімікати)* використовують у сільському господарстві для боротьби із шкідниками. Найбільш поширені наступні типи пестицидів:

- інсектициди – використовують для боротьби з комахами;
- гербіциди - використовують для боротьби з бур'янами;
- бактерициди - використовують для боротьби з бактеріальними хворобами;
- фунгіциди - використовують для боротьби із грибовими хворобами.

До використання пестицидів спостерігалися катастрофічні втрати врожаю. Їх застосування знижує такі втрати, скорочує витрати праці, допомагає зберегти сільськогосподарську продукцію, але викликає масу екологічних проблем.

*Розрізняють три покоління пестицидів:*

1. Спочатку використовували *пестициди, що містять важкі метали* – ртуть, миш'як, свинець і т. д. Ці метали накопичуються в екосистемах, практично не розкладаються і передаються харчовим ланцюгом, впливаючи таким чином на всі живі організми.

2. Потім були створені *хлорорганічні сполуки*. Найбільшого поширення набули ДДТ, ГХЦГ, ГХБ і ін. Відносно низька вартість, а також псевдонизька токсичність дозволили широко їх використовувати. Але з'ясувалося, що пестициди цієї групи мають ті ж недоліки, що і з першої групи. Наприкінці 1970-х років ДДТ і ГХЦГ були заборонені до використання в багатьох країнах.

3. Третю групу складають *фосфорорганічні сполуки*. Вони впливають вибірково на окремі види і досить швидко розкладаються в ґрунті. Сучасні пестициди входять саме до цієї групи.

У цілому слід зазначити наступні проблеми застосування пестицидів:

Вони мають *широкий спектр впливу*, поділ на групи умовний, переважна їх частина потрапляє у воду, повітря, викликає глибокі зміни в екосистемах,

впливаючи на всі живі організми, тоді як людина використовує їх для знищення обмеженої кількості видів.

Пестициди біоакумуються в харчовому ланцюзі. Вони легко переносяться вітром, водою, живими організмами. Їх виявляють там, де ніколи не застосовували, наприклад, в льодах Антарктиди, Гренландії.

Пестициди впливають на всі живі організми, зокрема на людину, пригнічують імунну систему, мають канцерогенний і мутагенний вплив.

З тривалим застосуванням пестицидів пов'язана поява нових стійких до них видів шкідників. Тому людина змушена створювати все нові і нові пестициди.

*Запустинювання* – один з глобальних проявів деградації ґрунтів, це процес необоротної зміни ґрунту, рослинності і зниження біологічної продуктивності. Це результат тривалого процесу, коли несприятливі явища природи і діяльність людини, підсилюючи один одного, призводять до зміни природного середовища. Запустинюванню сприяють вирубка лісів, інтенсивне освоєння степів, зниження рівня ґрунтових вод, надмірний випас худоби, ерозія і забруднення ґрунтів. До запустинювання схильні більше 1 млрд. га земель практично на всіх континентах.

*Відчуження земель.* Ґрунтовий покрив незворотно порушується при відчуженні земель для несільськогосподарського використання – будівництва, прокладки трубопроводів, ЛЕП, доріг, при видобутку корисних копалин, складуванні відходів. Загальна площа зруйнованих земель, тих що раніше давали сільськогосподарську продукцію, перевищує всю площу розораних земель, які використовують в землеробстві в наш час.

*Самоочищення ґрунтів* – природне позбавлення від забруднюючих речовин в результаті природних фізичних, біологічних і хімічних процесів у ґрунтах.

*Фізичне самоочищення* - це розбавлення забруднювачів опадами, фільтрація в підземні води, міграція в атмосферу, при цьому забруднення не зникає, а знижується концентрація забруднювачів у ґрунті, вони переносяться від одних ділянок до інших.

*Біологічне самоочищення* засноване на поглинанні і розкладанні забруднювачів головним чином ґрунтовими мікроорганізмами. Здібність ґрунтів



до самоочищення залежить від температури, вологості, кислотності ґрунтів, від концентрації і виду забруднювачів. У багатьох регіонах інтенсивність забруднень перевищує їх здатність до самоочищення. Наприклад, забруднення важкими металами, радіонуклідами практично вічне, вони накопичуються в екосистемах.

*Хімічне самоочищення* відбувається при нейтралізації деяких забруднювачів компонентами ґрунтів.

### **7.3. Антропогенний вплив на гідросферу і його наслідки.**

Основними джерелами забезпечення водою людства є *річковий стік* і *підземні води*. Половині населення планети не вистачає води.

Для забезпечення *прісною водою* застосовують різні методи:

- створюють водосховища на річках, регулюючи річковий стік; при цьому затоплюються великі території земель і виявляються інші негативні наслідки;
- у цілях економії земельних ресурсів створюють підземні колектори та водосховища, куди закачують воду в паводковий період;
- використовують підземні води;
- опріснюють морську солону воду (у світі є більше 800 опріснювальних станцій);
- імпортують прісну воду трубопроводами, судами, автотранспортом і літаками;
- існують проекти по перевезенню твердої води у вигляді айсбергів з Антарктиди до прибережних районів Південної Африки, Америки, Аравійського півострова.

Одночасно з пошуками шляхів отримання прісної води ведеться боротьба з її втратами, забрудненням, зниженням водоспоживання.

Виділяють наступні способи використання води: *водокористування* і *водоспоживання*.

*Водокористування* – це використання води як середовища або механічного джерела без вилучення її з водного об'єкту, наприклад, для водного транспорту, рибного господарства і т. д.

*Водоспоживання* супроводжується відбором води із джерела для потреб населення, промисловості, сільського господарства і т. д. *Водоспоживання на потреби населення* характеризується *питомим водоспоживанням* – добовий об'єм води в літрах, необхідний для забезпечення всіх потреб одного мешканця міста або села. *Питоме водоспоживання* в містах значно більше, ніж у селах, і залежить від ступеня впорядкування (наявність водопроводу, каналізації і т. д.), коливаючись у великих межах: у містах – (200 – 600) л/добу, в сільській місцевості – (50 – 200) л/добу. До зниження водоспоживання призводить забезпечення квартир лічильниками, сучасний ремонт комунікацій, зниження втрат і т. д.

*Промислове водоспоживання* залежить від *схеми водопостачання*, галузі промисловості. *Схема водопостачання* може бути *прямоточною* і *оборотною*. При *прямоточній схемі* вода з водного об'єкта подається на промислове підприємство, використовується в технологічному процесі, потім поступає на очисні споруди і після очищення скидається у водний об'єкт. При такій схемі витрата води дуже велика. При *оборотній схемі* відпрацьована вода після очищення не скидається у водний об'єкт, а використовується в технологічному процесі, тим самим набагато знижуючи витрату.

Водоспоживання різних виробництв сильно відрізняється. Найбільшу кількість води споживає атомна станція – в 2-3 рази більше теплової. Середня витрата води на 1 тонну готової продукції в м<sup>3</sup> складає: видобування і збагачення залізняку – (2 – 4); виробництво стали – (150 – 200); виробництво целюлози – (400 – 500); виробництво синтетичного волокна – (1000 – 1100); виробництво синтетичного каучуку – до 3000.

*Сільськогосподарське споживання*. Найбільша кількість води йде на зрошування; воно залежить від клімату, виду зрошуваних культур, стану зрошувальних систем. Багато води потрібно для зрошування овочевих культур, бавовника, рису і т. д. При зрошуванні відбуваються втрати води на випаровування, повертається ж вода у водні об'єкти з підземними водами в невеликому об'ємі і з іншим хімічним складом.

### *Джерела забруднення гідросфери.*

До основних джерел забруднення гідросфери відносять:

- скидання у водні об'єкти неочищених або недостатньо очищених стічних вод;
- змив поверхневим стоком забруднювачів у водні об'єкти;
- підземні води, що містять розчинені забруднювачі;
- атмосферні опади, що вимивають забруднювачі з атмосфери;
- витоки нафти і нафтопродуктів при транспортуванні.

Найбільше забруднення водних об'єктів відбувається при скиданні *неочищених промислових, комунально-побутових стічних вод*. Стічні води – це води, забруднені в процесі використання в побуті або в промисловості.

*Промислові стічні води* забруднюють екосистеми різними компонентами залежно від специфіки галузей промисловості. Переважаючий тип забруднювачів – нафтопродукти, зважені речовини, важкі метали, органічні речовини, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАВ) та інші.

Джерела забруднення нафтопродуктами – нафтопереробна промисловість, будь-які підприємства, що використовують нафтопродукти, а також водне транспортування нафтопродуктів. Нафтопродукти утворюють на воді тонку плівку, що перешкоджає проникненню сонячного світла і збагаченню киснем. Джерела важких металів – металургійна, металообробна промисловість.

Стічні води хімічних і інших підприємств містять багато складних органічних речовин тих, що раніше не існували в природі. Особливо поширені *детергенти* (СПАВ), вони входять до складу миючих і чистячих засобів, застосовуються при виробництві полімерів і т. д. Вони містять фосфор, нітроген – живильні речовини для рослинних організмів, – що призводить до зростання фітопланктону, «цвітіння», виснаження водних об'єктів відносно кисню.

*Комунально-побутові стічні води* містять різні органічні речовини, СПАВ, а також хвороботворні бактерії і інші мікроорганізми.

Дуже багато небезпечних забруднювачів потрапляє до водних об'єктів із *поверхневим стоком*. З сільськогосподарських територій змиваються відходи,

грунт, гумус, добрива, пестициди, що потрапляють у водні об'єкти головним чином без очищення і тому мають високу концентрацію забруднюючих і біогенних речовин.

Значну небезпеку становлять *пилогазові викиди промислових підприємств*, що осідають з атмосфери на поверхню водозбірної площі і безпосередньо на водну поверхню.

### ***Евтрофування водних об'єктів.***

Розрізняють дві життєві форми водних рослинних організмів: *бентосну* і *фітопланктонну*.

*Бентосна рослинність* – водна трава, розвивається прикріплюючись до дна, живильні речовини (біогени) бере з донних відкладень, але потребує проникнення крізь товщу води достатнього для фотосинтезу сонячного світла.

*Фітопланктон* – мікроскопічні водорості, розвиваються біля поверхні або на поверхні води, каламутність води на нього не впливає, він сам є причиною помутніння води. Фотосинтез фітопланктону не поповнює глибинні води киснем, який замість цього випаровується в атмосферу. Біогенні речовини він бере з води – чим більше їх у воді, тим більше фітопланктону. У фітопланктону життєвий цикл дуже короткий, при його розкладанні бактерії споживають багато кисню скорочуючи його кількість у воді.

*Евтрофуванням* називається збагачення водних об'єктів біогенними речовинами, стимулюючими зростання фітопланктону, що призводить до збільшення каламутності води, загибелі бентосної рослинності, зниження концентрації розчиненого кисню. Риби та молюски, що мешкають на глибині, при цьому задихаються. Вода квітне, має неприємний запах, стає непридатною до користування. Щоб цього не відбувалося, потрібно скорочувати надходження біогенних речовин і наносів у водні об'єкти. Наноси ще більш ускладнюють цю проблему. Основне джерело наносів – поверхневе стікання, що змиває голі ґрунти на будмайданчиках, не закріплений рослинністю ґрунт і відходи з відвалів.

Основні джерела біогенів – ґрунти, добрива, пестициди, відходи тваринництва, що змиваються поверхневим стоком з сільськогосподарських угідь, з газонів, недостатньо очищені комунально-побутові, промислові стічні води, що містять органічні речовини, детергенти тощо.

**Самоочищення вод** – сукупність процесів, що протікають у водних об'єктах і направлені на відновлення первинних властивостей і складу води. Воно відбувається в результаті *природних фізичних, хімічних і біологічних процесів*.

*Фізичне самоочищення* – поглинання домішок донними відкладеннями, зваженими речовинами, осідання на дно зважених речовин під дією сили тяжіння, газообмін між атмосферою і водою.

*Біологічне самоочищення*, зазвичай, становить основний внесок до процесу самоочищення води і полягає у поглинанні і розкладанні забруднювачів мікроорганізмами. Залежить від температури, кислотності, концентрації забруднювачів, активності мікроорганізмів.

*Хімічне самоочищення* – розпад часток під впливом сонячного світла, взаємодія різних речовин між собою і з водою. Цей вид самоочищення залежить від температури і концентрації забруднювачів.

При невеликих концентраціях органічних забруднювачів раніше літом річки самоочищалися на відстані 30-40 км від скидання стічних вод, а зараз антропогенне навантаження на річки часто перевищує здатність до самоочищення.

## ***Тема 8. Основні принципи охорони навколишнього середовища***

### **8.1. Ресурсозбереження, безвідходні і маловідходні технології, утилізація відходів, екологізація виробництва.**

Основною причиною забруднення навколишнього середовища є ресурсоємні забруднюючі технології, що призводять до утворення відходів і їх величезного накопичення. Технології, що дозволяють отримати мінімум твердих, газоподібних і рідких відходів, називаються *маловідходними*. Розробка маловідходних технологій – найбільш раціональний спосіб охорони навколишнього середовища від забруднень.

До основних напрямів *екологізації* виробництва відносять наступні заходи:

- створення принципово нових технологічних процесів, що дозволяють скоротити утворення відходів;
- раціональне і комплексне використання сировини;
- енергозбереження;
- розробка систем переробки відходів;
- розробка і впровадження безстічних і водооборотних технологічних систем.

#### *Енергозбереження.*

Основний шлях вирішення еколого-енергетичних проблем - це енергозбереження. За розрахунками українських вчених за рахунок енергозбереження в Україні можна було б в 2 рази скоротити виробництво електроенергії, а це означає, що не були б потрібні всі побудовані АЕС.

Основні напрями енергозбереження полягають в наступному:

1. *Зменшення енергоємності продукції* за рахунок модернізації технологій. Наприклад, у США на одиницю продукції, що випускається, витрачалося в середньому в два рази менше електроенергії, ніж у колишньому СРСР, в Японії така витрата була в три рази меншою.

Значно економиться енергія за рахунок *зниження металоємності продукції, підвищення її якості, збільшення терміну життя. При підвищенні*

теплоізоляції перекриттів, дверних і віконних отворів будівель і споруд, трубопроводів значно знижуються втрати тепла. Важливу роль в енергозбереженні відіграє оснащення промислових підприємств, житлових будинків і інших об'єктів *лічильниками газу і тепла*.

2. *Підвищення ККД* котлів ТЕС, котельнів, а також використання електроенергії. Зниження втрат в електро- і тепломережах при виробництві і транспортуванні електричної і теплової енергії. Помітно підвищується ККД при будівництві ТЕЦ замість ТЕС.

Заміна ламп розжарювання на люмінесцентних веде до скорочення витрат електроенергії в два, три рази (ККД ламп розжарювання складає 5 – 8%, люмінесцентних ламп – 20%, а новітніх натрієвих ламп високої напруги – до 30%).

3. *Утилізація енергомістячих відходів*. Значні об'єми відходів вугільної, коксохімічної, нафтопереробної, деревообробної, сільськогосподарської промисловості можна використовувати як енергетичні ресурси. Багато з них можна брикетувати простим способом і використовувати як тверде паливо. Інший перспективний напрям переробки відходів – це їх газифікація, зрідження (отримання рідкої вуглеводневої маси) отримання біогазу.

4. *Перехід на інтелектуальні технології* (комп'ютерні, телекомунікаційні, біогенні і ін.), як значно менш енергоємні, а також більш високорентабельні і екологічно чисті. Інтелектуальний потенціал України має високий рівень, треба тільки, щоб він використовувався в нашій країні.

Найважливішим напрямом в охороні навколишнього середовища є створення безстічних і водооборотних технологічних систем водокористування, заміна водосємних процесів тими, що використовують мало води. *Оборотне водопостачання* – багатократне використання у виробництві відпрацьованих вод після їх очищення і обробки.

*Прогресивним напрямом* є передача стічних вод на інші підприємства, які ставлять менш жорсткі вимоги до якості води, і якщо домішки, що містяться в ній, покращують якість продукції, яка випускається (наприклад, передача стічних вод хімічних підприємств на підприємства будівельного виробництва).

## 8.2. Нормування якості навколишнього середовища.

Основою всіх природоохоронних заходів є *принцип нормування якості навколишнього природного середовища*, який полягає у встановленні нормативів гранично припустимих впливів людини на навколишнє природне середовище.

Основні екологічні нормативи якості навколишнього середовища:

1) *санітарно-гігієнічні*:

- гранично припустима концентрація шкідливих речовин (*ГПК*);
- припустимий рівень фізичних дій (шуму, вібрації, іонізуючого випромінювання і т. д.);

2) *виробничі*:

- гранично припустимий викид шкідливих речовин в атмосферу (*ГПВ*);
- гранично припустиме скидання шкідливих речовин у водні об'єкти (*ГПС*);
- норматив утворення відходів у виробництві;

3) *комплексні*:

- припустиме антропогенне навантаження на навколишнє природне середовище.

*Гранично припустима концентрація (ГПК)* – це кількість забруднюючих речовин у ґрунті, повітряному і водному середовищі, яке при постійній або тимчасовій дії на людину не впливає на його здоров'я і не викликає негативних наслідків у його потомства.

Останнім часом при визначенні *ГПК* враховують також вплив забруднення на тварин, рослини, мікроорганізми, а також суспільство в цілому.

Для оцінки якості атмосферного повітря встановлено дві категорії *гранично припустимих концентрацій (ГПК, мг/м<sup>3</sup>)*: *максимальна разова (ГПК<sub>м.р.</sub>)* і *середньодобова (ГПК<sub>с.д.</sub>)*.

*ГПК<sub>м.р.</sub>* – основна характеристика небезпеки шкідливої речовини, встановлена для запобігання рефлекторним реакціям у людини (відчуття запаху, світловій чутливості, головному болю і так далі) при короткочасному впливі атмосферних домішок. За цією ознакою оцінюються речовини, що мають запах або що впливають на інші органи чуття.



$ГПК_{с.д.}$  – встановлена для запобігання загальнотоксичному, канцерогенному, мутагенному та іншим впливам на організм людини.

Встановлюється  $ГПК$  за медичними показниками.

Для забруднюючих речовин встановлюється *класи небезпеки*:

- *перший* – надзвичайно небезпечні;
- *другий* – високонебезпечні;
- *третій* – помірно небезпечні;
- *четвертий* – малонебезпечні.

*Фактична концентрація* забруднюючих речовин в атмосферному повітрі визначається за допомогою спеціальних приладів – газоаналізаторів у приземному шарі атмосфери. *Середньодобова концентрація* дорівнює середньо-арифметичному значенню разових проб, відібраних з певною періодичністю, *максимальне значення* відповідає *максимальній разовій концентрації*.

У житловій зоні фактична концентрація не повинна перевищувати нормативного значення:  $C_{\text{факт.}} \leq ГПК$ .

Деякі речовини при одночасній присутності в атмосферному повітрі діють односпрямовано, тобто має місце ефект сумування. У цьому випадку при оцінці якості атмосферного повітря повинна виконуватися наступна умова:

$$C_1/ГДК_1 + C_2/ГДК_2 + \dots + C_n/ГДК_n \leq 1,$$

де  $C_1, C_2 \dots C_n$  – концентрації речовин, для яких є справедливим ефект сумування,  $\text{мг/м}^3$ ;

$ГДК_1, ГДК_2 \dots ГДК_n$  – гранично припустимі концентрації цих речовин.

Для кожного промислового підприємства для всіх стаціонарних джерел забруднення встановлюється *гранично припустимий викид (ГПВ)* забруднюючих речовин.

$ГПВ$  – кількість кожної забруднюючої речовини, що викидається певним джерелом в одиницю часу, при якому приземна концентрація цієї забруднюючої речовини у селітебній зоні не перевищуватиме гранично

припустиму, вимірюється вона в грамах у секунду (г/с), кілограмах на добу (кг/добу), тоннах на рік (т/р).

Джерела забруднення можуть бути *безперервної* і *періодичної дії*, *залпові* і *миттєві*. До джерел забруднення відносять високі труби, вентиляційні викиди, аераційні ліхтарі, відкриті вікна, витяжні шахти, відкрите технічне устаткування і т. д.

При *залпових* викидах в атмосферу викидається велика кількість забруднюючих речовин за короткий проміжок часу. Залпові викиди можливі при аварійних ситуаціях.  $ГПК_{м.р.}$  розраховується на залпові викиди.

Забруднюючі речовини, що викидаються в атмосферу, *розсіюваються в атмосфері*. На їх розсіювання впливають *кліматичні чинники* (температура повітря, швидкість і напрям вітру, вологість повітря, осідання і ін.) і *виробничо-технологічні чинники* (різновид палива, висота заводських труб, склад і температура газових викидів, об'єм і маса забруднюючих речовин і ін.).

Розрахунок розсіювання виконується на комп'ютері за спеціальними програмами. Результати розрахунків розсіювання оформлюють для кожної забруднюючої речовини у вигляді *ізоліній*, які наносять на схему генплану підприємства або району.

При встановленні зон забруднення підприємством для визначення місць розміщення селітебних районів критерієм є  $ГПК$ .

Під *гранично припустимою концентрацією забруднюючої речовини в ґрунті* ( $ГПК$ , мг/кг) розуміють максимальну концентрацію, за якої не буде порушена самоочищуюча здатність ґрунту, не відбуватиметься накопичення забруднювачів в сільськогосподарській продукції.

$ГПК$  у ґрунтах встановлюється для важких металів, вуглеводнів, пестицидів. При встановленні  $ГПК$  враховують наступні показники:

- надходження забруднюючих речовин з ґрунту в рослини через кореневу систему;
- надходження забруднюючих речовин з ґрунту в підземні води;
- надходження забруднюючих речовин з ґрунту в атмосферу;

- дія забруднюючих речовин на ґрунтові живі організми.

Оцінюють *ГПК* за зниженням врожайності культур, а також за накопиченням хімічних елементів в біомасі (де не повинні накопичуватися забруднювачі). *ГПК* забруднювачів встановлюють за загальним вмістом їх у ґрунті і за вмістом їх в рухомій формі.

Для *водного середовища ГПК* - це максимальна концентрація забруднюючої речовини у воді, при перевищенні якої вода стає непридатною для одного або декількох видів водокористування. *ГПК* встановлюють окремо для *комунально-побутової* і *рибогосподарської* категорії водокористування. Вимоги до якості води для рибогосподарських водоймищ жорсткіші, ніж для комунально-побутових.

При скиданні стічних вод у водний об'єкт розраховують *гранично припустиме скидання (ГПС)* забруднюючих речовин – максимальну кількість речовини в стічній воді, припустиму для скидання в одиницю часу, при якому не буде перевищена *ГПК* у певному створі. Норму *ГПС* встановлюють з урахуванням здатності водного об'єкта до самоочищення.

*Гранично припустимий рівень радіаційного впливу (ГПР)* – це рівень, який не являє небезпеку для здоров'я людини, стану тварин, рослин, мікроорганізмів. *ГПР* встановлюється на підставі норм радіаційної безпеки, а також для дії шуму, вібрації, магнітних полів і інших шкідливих фізичних впливів.

Основним комплексним нормативом якості *нарколишнього природного середовища* є *припустима норма антропогенного навантаження*. Це *максимально можливі антропогенні впливи на природні ресурси або комплекси, що не призводять до порушення стійкості екосистем*. Необхідно, щоб сукупне антропогенне навантаження на природне середовище не перевищувало її самоочищувальну здатність. Поняття *гранично припустимого навантаження на природне середовище* повинно лежати в основі природокористування.

### **8.3. Методи очищення пило-газових викидів у повітря, архітектурно-планувальні заходи.**

#### **Захист атмосфери.**

Заходи щодо охорони атмосферного повітря умовно можна поділити на наступні групи: *екологізація технологічних процесів, очищення пилогазових викидів, архітектурно-планувальні і інженерно-організаційні заходи.*

#### ***Методи очищення пилогазових викидів.***

Для очищення газів від пилу застосовують *сухі, мокрі і електричні* способи.

*Сухі* способи базуються на відділенні пиловатих часток від газового потоку за допомогою спеціального обладнання – пилоосаджувальних камер, циклонів, фільтрів (тканинних, волокнистих, зернистих).

*Мокрі* способи очищення ґрунтуються на поглинанні пилу водою, яка розбризкується форсунками або подається безперервно проти запиленого потоку повітря. При цьому утворюється велика кількість стічних вод, які повинні підлягати очищенню.

*Електричні* способи застосовують для вловлювання цементного, гіпсового, вугільного пилу. Основою процесу очищення є іонізація пилоподібних частинок під впливом електричного поля. Заряджені частки осідають на поверхню електроду з протилежним за знаком електричним зарядом і видаляються з електродів шляхом струшування.

**Очищення викидів від газів** здійснюється наступними методами:

*Метод абсорбції* полягає в пропусканні газового потоку через рідкі розчини мінеральних або органічних речовин. Забруднювачі реагують з цими речовинами і випадають в осад. Наприклад, для очищення газового потоку від діоксиду сірки застосовують вапняне молоко, від сірководня – розчин кальцінованої соди і миш'яку.

*Метод адсорбції* полягає в пропусканні газового потоку через твердий пористий матеріал, який поглинає газові забруднювачі. Як адсорбент використовують активне вугілля, вапняк. Перевага цього способу – високий

ступінь очищення, недолік – гази повинні бути сухими і не містити в своєму складі пил.

*Біохімічні способи* засновані на здатності мікроорганізмів руйнувати і перетворювати різні сполуки. Ці методи застосовують для очищення газів постійного складу. При частій зміні газового складу мікроорганізми не встигають адаптуватися до нових речовин. При цьому способі очищення газовий потік пропускається через водну суспензію активного мулу (*активний мул* – колоїдна маса мінерального і органічного складу, багата мікроорганізмами), ґрунт, торф, компост.

Вибір методу очищення здійснюють на основі техніко-економічних розрахунків.

**Архітектурно-планувальні заходи** – комплекс прийомів, включаючих вибір майданчика для будівництва промислового підприємства, взаємне розташування підприємства і житлових кварталів, взаєморозташування цехів підприємства, організацію санітарно-захисних зон та зелених зон.

Підприємства повинні розташовуватися на рівному, піднесеному, добре провітрюваному місці, з підвітряного боку від житлових масивів. Цехи, що виділяють найбільшу кількість забруднюючих речовин, слід розташовувати на краю виробничої території з боку, протилежного житловому масиву. Взаємне розташування цехів повинно бути таким, щоб при напрямі вітру у бік житлових кварталів їх викиди не об'єднувалися.

Промислові підприємства повинні бути відокремлені від житлових районів *санітарно-захисною зоною (СЗЗ)*. Розміри СЗЗ встановлюють за нормативами залежно від *шкідливості* і *потужності* підприємства у межах від 50 до 1000 м.

Нормативні розміри СЗЗ:

Клас небезпеки підприємства	Розмір СЗЗ, м
1	1000
2	500
3	300
4	100
5	50

*СЗЗ* не можна розглядати як резервну територію і використовувати її для розширення промислового майданчика. На її території припустиме розміщення об'єктів нижчого класу шкідливості, ніж основне виробництво – складів, гаражів і т. д. Територія *СЗЗ* повинна бути упорядкована і озеленена, рослини, використані для озеленення повинні бути ефективні в санітарному відношенні і достатньо стійкими до забруднення атмосфери і ґрунтів. При проектуванні озеленення *СЗЗ* треба віддавати перевагу створенню змішаних деревно-чагарникових насаджень, що мають велику біологічну стійкість і високі декоративні якості порівняно з однорідними посадками.

#### **8.4. Захист ґрунтів від ерозії, засолення, механічного руйнування.**

До основних напрямів з захисту ґрунтів від деградації відносять наступні заходи: *захист від заболочування і засолення, водної і вітрової ерозії, забруднення, запобігання необґрунтованому вилученню земель із сільськогосподарського обороту, рекультивація порушеного ґрунтового покриву.*

Для боротьби із заболочуванням в результаті порушення природного водного режиму застосовують різні осушувальні меліоративні дії для зниження рівня ґрунтових вод, наприклад: будівництва дренажів, відкритих каналів, водозабірних споруд і т. д.

Для запобігання засоленню ґрунтів необхідно передбачати промивку зрошуваних земель з перехопленням і відведенням промивних вод за допомогою дренажних систем, дотримуватись норм поливу, виконувати гідроізоляцію зрошувальних каналів для виключення фільтрації зрошувальних вод і підйому рівня ґрунтових вод.

Для боротьби з водною ерозією потрібно проводити комплекс протиерозійних заходів:

- запобігання ерозії, що полягає у відведенні поверхневого потоку за допомогою спеціальних канав, влаштованих у верхів'ї схилу;

- закріплення ґрунту кореневою системою рослинності, яка сприяє фільтрації опадів в ґрунт, знижує швидкість поверхневого потоку.

- створення замкнутого рослинного покриву, чергування багато- і однорічної рослинності на схилах;

- орання упоперек схила;

- терасування схилів, створення на них валиків;

- при ухилі схилу  $>16^\circ$  ґрунти виключають із землеробства.

Для боротьби з *вітровою ерозією* передбачають:

- насадження захисних лісових смуг, що зменшують швидкість вітру в приземному шарі;

- агротехнічні методи: мінімальну обробку ґрунту (орання без перевертання ґрунту), смугове чергування культур, залишення стерні на полях і ін.

- закріплення ґрунту рослинністю або спеціальними полімерами.

Для запобігання *забрудненню ґрунтів пестицидами* застосовують природні методи боротьби із шкідниками: використання природних ворогів з попереднім виявленням цих ворогів і виключенням збитку іншим видам.

*Відчуження земель при будівництві, складуванні відходів, видобутку корисних копалин* необхідно зводити до мінімуму:

- мінімально використовувати цінні сільськогосподарські і лісові угіддя для будівництва, прив'язувати дорожні траси, комунікації до тих, що вже існують;

- дотримуватись норм відведення земель при будівництві;

- покращувати технології, комплексно використовувати сировину, утилізувати відходи що дозволить скоротити відчуження земель на складування;

- зберігати родючий шар ґрунту при виконанні земляних робіт;

- проводити рекультивацію порушених земель.

*Рекультивація земель* – це комплекс заходів щодо відновлення земель, порушених в результаті видобутку корисних копалин, будівництві, складуванні відходів і т. д. *Об'єктами рекультивації* є відвали відходів, просідання землі на території, яка утворюється при видобутку корисних копалин, спорудженні кар'єрів, котлованів і інші порушення при різних видах будівництва. Залежно від того, чи планується надалі використовувати порушені землі, розрізняють наступні *напрями рекультивації*:

- *сільськогосподарський* – підготовка земель для використання як сільськогосподарських угідь (створення садів, сінокосів на відновлених землях);

- *лісогосподарський* – підготовка земель під лісові насадження різного призначення;

- *водогосподарський* – створення водних об'єктів у відпрацьованих кар'єрах які заповнюються підземними водами;

- *рекреаційний* – створення зон відпочинку і спорту, парків, спортивних споруд і т.д.;

- *природоохоронний і санітарно-гігієнічний* – проводиться для тих об'єктів, які непридатні для використання в народному господарстві. Мета цього напрямку рекультивациі – запобігання забруднюючому впливу на навколишнє середовище (наприклад, рекультивациа шламосховищ, задержування ґрунтів, закріплення ґрунтів технічними засобами);

- *будівельний* – підготовка земель для промислового і цивільного будівництва.

*Рекультивацию при створенні родючих ділянок земель здійснюють у два етапи: технічний і біологічний.*

*Технічний етап* включає наступні підготовчі роботи: будівництво під'їзних доріг, зворотну засипку кар'єрів, зниження ухилу укосів, відвалів або кар'єрів, планування поверхонь відновлюваних земель, нанесення родючого шару ґрунту і інші спеціальні роботи.

При роботах, пов'язаних з порушенням земель потрібно передбачати збереження родючого шару ґрунту. Якість ґрунту, що знімається, оцінюється за хімічним складом, вмістом у ньому гумусу, забруднюючих речовин. Родючий шар, що знімається, добре відразу використовувати для рекультивациі земель або для підсипки на деградовані, виснажені ґрунти. Якщо такої можливості немає, припустиме тимчасове зберігання у спеціальних відвалах – *буртах*. *Бурти* влаштовують так, щоб ґрунт якомога менше втрачав свої властивості. Висота буртів повинна бути не більше 8 метрів.



Для захисту від *водної і вітрової ерозії* укоси влаштовують пологими і засівають їх багаторічними травами з розвиненою кореневою системою (бажано ґрунтопокращувальними культурами – бобами, злаковими).

При зберіганні ґрунту він поступово втрачає свою родючість; не допускається тривале зберігання ґрунтів більше 8 років.

*Біологічний етап* здійснюють після завершення *технічного етапу* і полягає він у відновленні родючості рекультивованих ґрунтів. Цей етап виконується землекористувачами і включає внесення мінеральних і органічних добрив, спущення, посів ґрунтопокращувальних культур.

### **8.5. Раціональне використання водних ресурсів, методи очистки стічних вод, водоохоронні зони.**

Поверхневі води охороняють від *засмічення, забруднення і виснаження*.

Для запобігання *засміченню* вживають заходів, що виключають трапляння у водоймища і річки будівельного сміття, твердих відходів, розробленого ґрунту і інших предметів, що негативно впливають на якість води, умови проживання риб і ін.

Найважливіша і складна проблема – захист вод від забруднення. З цією метою передбачають наступні заходи:

- розвиток безвідходних і безводних технологій, впровадження систем зворотного водопостачання, утилізація відходів;
- очищення промислових, комунально-побутових та ін. стічних вод;
- передача стічних вод на інші підприємства, які ставлять менш жорсткі вимоги до якості води і якщо домішки, що містяться в ній, не мають шкідливого впливу на технологічний процес цих підприємств, а навпаки покращують якість продукції, що випускається (наприклад, передача стічних вод хімічних підприємств на підприємства будівельного виробництва);
- каналування і санітарне очищення міст;
- очищення поверхневого стоку міських промислових територій;
- створення водозахисних зон.

**Методи очищення стічних вод.** Зважаючи на величезну різноманітність складу стічних вод існують різні способи їх очищення – *механічний, фізико-хімічний, хімічний, біологічний* та ін. Залежно від характеру забруднення і ступеня шкідливості, очищення стічних вод може проводитися одним методом або комплексом методів (*комбінований спосіб*).

При *механічному очищенні* шляхом проціджування, відстоювання і фільтрування видаляють нерозчинні механічні домішки. Для цього використовують ґрати, пісколовки, піщані фільтри, відстійники різних типів. Речовини, плаваючі на поверхні стічних вод (нафта, смоли, масла, жири, полімери і ін.), затримують нафто- і жируловлювачами або іншого різновиду уловлювачами, шляхом зливу верхнього шару, що містить плаваючі речовини.

*Хімічні і фізико-хімічні* способи використовують для очищення промислових стічних вод. При *хімічному очищенні* в стічні води вводять спеціальні реагенти (вапно, кальциновану соду, аміак і ін.), які взаємодіють із забруднювачами, а потім випадають в осад. При *фізико-хімічному очищенні* використовують методи коагуляції, сорбції, флотації і ін.

Для очищення комунально-побутових стоків, промислових стоків целюлозно-паперових, нафтопереробних, харчових підприємств *після механічного очищення* використовують *біологічний метод*. Він заснований на здатності природних мікроорганізмів використовувати для свого розвитку органічні і деякі неорганічні сполуки, що містяться в стічних водах. *Очищення проводять на штучних спорудах* (аеротенках, метантенках, біофільтрах і т. д.) і *в природних умовах* (поля фільтрації, поля зрошування, біологічні ставки і ін.). При очищенні стічних вод утворюється *осад*, який видаляють для підсушування на майданчики мула, а потім використовують як добриво. Проте при біологічному очищенні комунально-побутових стічних вод укупі з промисловими стічними водами, що містять важкі метали та інші шкідливі речовини, ці забруднювачі накопичуються в осадах і їх не можна використовувати як добрива.

Важливу захисну роль на будь-якому водному об'єкті відіграють *водозахисні зони* – спеціальні зони, що влаштовують уздовж берегів річок, озер,

водосховищ. Їх головне призначення – охорона водних об'єктів від забруднення, засмічення, ерозійних наносів поверхневим стоком. Ширина водозахисних зон може складати від 100 до 300 м і більше. У їх межах ґрунт повинен бути закріплений рослинністю, мають бути висаджені захисні лісові смуги, забороняється будь-яка господарська діяльність.

Для контролю якості води аналізують її склад і фізичні властивості. Визначають температуру, запах, смак, прозорість, каламутність, вміст розчиненого кисню, біохімічне споживання кисню, кислотність, вміст шкідливих речовин і кількість кишкових паличок в одному літрі води. Усі ці показники не повинні перевищувати нормативні вимоги. Основні заходи щодо захисту підземних вод полягають у запобіганні виснаженню їх запасів шляхом регулювання водовідбору і забруднення.

#### **8.6. Захист від шкідливих впливів фізичної природи.**

*Захист від впливу шуму* – складне завдання для розв'язання якого необхідний комплекс заходів. Санітарні норми, прийняті в Україні, при визначенні допустимого рівня шуму зважають на специфіку приміщень. Наприклад, для житлових будинків середній припустимий рівень шуму в денний час складає 55 дБ, у нічний – 45 дБ.

Заходи з захисту середовища від впливу шуму поділяють на 4 групи:

*I група* – будівельно-планувальна; *II група* – конструктивна; *III група* – зниження шуму в джерелі його виникнення; *IV група* – організаційні заходи.

*I група. Будівельно-планувальна.*

1. Використання певних будівельних матеріалів;
2. Акустична обробка приміщення (облицьовування пористими акустичними панелями).

Для захисту навколишнього середовища від шуму використовують лісові насадження. Знижується рівень звуку від (5 – 40) дБ.

## *II група. Конструктивна.*

### 1. Установлення звукоізолюючих перешкод (екранів).

Реалізація методу звукоізоляції (відбивання енергії звукової хвилі).

Використовуються матеріали з гладкою поверхнею (скло, пластик, метал).

2. Акустична обробка приміщення (звукопоглинання). Можна знизити рівень звуку 45 дБ.

3. Використовують об'ємні звукопоглиначі (звукоізолятор + звукопоглинач). Встановлюється над значними джерелами звуку. Можна знизити рівень звуку (30 – 50) дБ.

## *III група. Зниження шуму в джерелі його виникнення.*

Найефективніший метод, можливий на етапі проектування.

Використовуються двошарові композитні матеріали. Зниження: (20 – 60) дБ.

## *IV група. Організаційні заходи.*

1. Визначення режиму праці і відпочинку персоналу.

2. Планування робочого часу.

3. Планування роботи значних джерел шуму в різних джерелах.

Зниження: (5 – 10) дБ.

Якщо рівень шуму не знижується в межах норми, використовують індивідуальні засоби захисту (навушники, шлемофони).

**Акустичні засоби захисту від шуму** поділяють на засоби звукоізоляції, звукопоглинання і глушники шуму.

### **Звукопоглинання.**

Звукопоглинанням називається процес переходу частини енергії звукової хвилі в теплову енергію середовища, у якому розповсюджується звук. Для звукопоглинання характерна *дисперсія*, тобто достатньо *сильна залежність від частоти*.

Окрім *частотної характеристики* звукопоглинання залежить від *кута падіння плоских звукових хвиль на межу розділу*. На практиці використовують *дифузний коефіцієнт звукопоглинання ( $K_n$ )*, який є усередненою величиною коефіцієнтів поглинання для різних напрямів падіння на поверхню матеріалу.

До звукопоглинальних матеріалів відносяться такі матеріали, у яких  $K_n > 0,3$ .

Залежно від механізму звукопоглинання матеріали поділяють на декілька видів.

До *першого виду* відносять матеріали, у яких поглинання здійснюється за рахунок в'язкого тертя повітря в порах (волокнисті пористі матеріали типу ультратонкого скляного і базальтового волокна), внаслідок чого кінетична енергія падаючої звукової хвилі переходить в теплову енергію матеріалу. Це типовий приклад *дисипативної структури*.

До *другого виду* звукопоглинальних матеріалів відносять матеріали, у яких крім в'язкого тертя в порах відбуваються релаксаційні втрати, пов'язані з деформацією нежорсткого скелета (повсть, деревоволокнисті матеріали, мінеральна вата і т. п.).

До *третього виду* відносять панельні матеріали, звукопоглинання яких зумовлене деформацією усієї поверхні або деяких її ділянок (фанерні щити, щільні штори і т. п.). Цей вид звукопоглинальних матеріалів має максимальне загасання на низьких частотах.

Для збільшення поглинання пористих матеріалів на низьких частотах або збільшують їх товщину, або використовують повітряний проміжок між матеріалом і огорожею. Максимум поглинання спостерігається тоді, коли повітряний зазор між поверхнями конструкції і матеріалу дорівнює половині довжини хвилі падаючого звукового коливання. При цьому буде максимальне збільшення втрат на тертя, оскільки звукопоглинальний матеріал розташовується на ділянці найбільшого коливального руху.

*Резонансні конструкції.* Конструкції цього типу використовують резонансні властивості окремих резонаторів інтенсивно поглинати енергію звукової хвилі на певних частотах.

На перфорований лист наклеюють разом із захисним шаром пористий поглинаючий матеріал. Ця конструкція розташовується на деякій відстані (повітряний зазор) від стіни (огорожі). Кожний отвір є окремим резонатором, у

якому відбувається взаємодія між повітряним зазором і масою повітря в резонаторах.

*Пірамідальні конструкції.* Цей тип звукопоглинаючих конструкцій є пірамідальними каркасами з вершинами, спрямованими всередину приміщень. Гратчасті каркаси заповнюють пористим поглинаючим матеріалом (наприклад, мінеральною ватою), обернутим захисною склотканиною, що оберігає поглинаючий матеріал від видування. Пірамідальні конструкції кріпляться на стіні. Коефіцієнт віддзеркалення звукової хвилі у цьому випадку дуже малий ( $\leq 3\%$ ), а загальне поглинання таких конструкцій може бути великим у широкому частотному діапазоні.

### ***Звукоізоляція.***

Під звукоізоляцією розуміють процес зниження рівня шуму, проникаючого через огорожу до приміщень. *Акустичний ефект* при звукоізоляції забезпечується *процесом віддзеркалення звукової хвилі від огорожі (перешкоди)*. Переважно, звукоізоляція застосовується спільно із звукопоглинанням. Для ізоляції джерел шуму на практиці часто застосовують звукоізолюючі кожухи. Методи звукоізоляції ефективніші за методи звукопоглинання.

До засобів звукоізоляції відносяться *огорожі, звукоізолюючі кожухи і акустичні екрани*.

Звукоізоляцію характеризують *середніми величинами всього частотного діапазона, або величиною звукоізоляції на деяких середніх частотах*.

*Звукоізолюючі кожухи.* Конструкція кожухів відрізняється великою різноманітністю відповідно до типу механізму і може бути *стаціонарною, розбірною, зйомною, мати оглядові вікна, двері і т. п.* Звукоізолюючі кожухи застосовують спільно з поглинаючими матеріалами і глушниками шуму.

### ***Глушники шуму***

Ці пристрої призначені для *зниження рівня шумів джерел аеродинамічної природи*: газотурбінних установок, газодинамічних систем скидання стиснутого повітря, випробувальні стенди різних авіаційних двигунів, компресори,

вентиляційні камери і т. д. *Глушники шуму за принципом дії* поділяють на *абсорбційні, реактивні і комбіновані*.

#### *Абсорбційні глушники.*

Принцип дії заснований на поглинанні звукової хвилі в звукопоглинаючих матеріалах. Глушники цього типу знайшли широке застосування в аеродинамічних установках завдяки їх ефективності в широкому діапазоні частот при відносно невеликому газодинамічному опорі.

У *трубчастих глушниках* канали виконані з перфорованого листового матеріалу, круглого, прямокутного або квадратного перетинів. З внутрішнього боку канали покриті шаром звукопоглинаючого матеріалу (наприклад, супертонким скляним або базальтовим волокном із щільністю  $25 \text{ кг/м}^3$ , мінераловатними плитами щільністю  $100 \text{ кг/м}^3$ ) і захисною склотканиною, що оберігає звукопоглинаючий матеріал від видування. *Трубчасті глушники* застосовуються в каналах з поперечними розмірами до (500 – 600) мм. При необхідному зниженні рівня звукового тиску на 20 дБ в октавній смузі з частотою 500 Гц у каналах з діаметрами 150 мм і 3000 мм довжина *трубчастого глушника* змінюється від 0,6 м до 12 м. Звідси видно, що для вищезгаданої ефективності трубчастий глушник стає неприйнятним через велику довжину.

Для збільшення загасання звукової хвилі на одиницю довжини в широкому каналі застосовують *пластинчасті глушники*. У цьому випадку у внутрішньому каналі встановлюють паралельні пластини, виконані з різних звукопоглинаючих матеріалів. Загальне звукопоглинання у разі *пластинчастих глушників* визначається як товщиною, так і відстанями між пластинами. При цьому слід враховувати дисперсійні характеристики поглинання, тобто залежність загасання хвилі від частоти. При низьких частотах товщина пластин повинна бути більшою. На практиці для низьких і середніх частот шуму вибирають товщину поглинаючих пластин від 200 до 600 мм. Для високочастотного шуму товщину пластин вибирають від 50 до 100 мм. При зменшенні відстані між поглиначами (пластинами) збільшується як погонне загасання, так і гідравлічний опір.

У глушниках з *циліндровими звукопоглиначами* поглинальними елементами можуть бути набори з окремих циліндрів (діаметром 0,2 м і довжиною 1 м), виконані з перфорованого металу або сітки, заповнені керамзитовою крихтою. Цей вид глушника часто застосовують у боксах випробувань турбореактивних двигунів. *Циліндрові глушники* частіше застосовуються при захисті від широкосмугового шуму невеликих аеродинамічних труб при зниженні рівня на (25 – 30) дБ.

У *реактивних глушниках* використовують явище відбиття звукової хвилі назад до джерела шуму з використанням відбивачів і об'ємних резонаторів (по аналогії із порожнистими резонаторами, що використовують у НВЧ техніці). Цей вид глушників застосовують у тому випадку, *коли в спектрі джерела шуму спостерігаються яскраво виражені дискретні складові* (поршневі компресори, двигуни внутрішнього згоряння і т.д.). Глушники цього різновиду встановлюють безпосередньо в трубопроводах, поперечні розміри яких менше довжини хвилі звукового коливання, яке заглушається.

У *комбінованих глушниках* використовують явища як *поглинання*, так і *відбивання* звуку. Цей вид *глушників паразитних шумів* є *комбінацією абсорбційних і резонансних глушників*.

*Екранні глушники* застосовуються на виході з трубопроводу в атмосферу для пригнічування високих частот. Від діаметру екрану і зазору між ним і трубопроводом істотним чином залежить ефективність глушіння. Діаметр екрану вибирають приблизно в два рази більше діаметру каналу трубопроводу. Зазор вибирається з міркувань ефективності шумоглушіння. Чим менше зазор, тим більше загасання. Проте при дуже малому зазорі різко зростає гідравлічний опір. Тому при розробці і застосуванні екранного глушника зазор вибирають оптимальної величини.

### **Захист від вібрації.**

Найбільш дієвим засобом *захисту людини від вібрації* є усунення безпосереднього контакту з вібруючим приладом. Здійснюється це шляхом застосування дистанційного керування, промислових роботів, автоматизації і заміни технологічних операцій.



Основні технічні заходи боротьби з вібрацією:

- *усунення або зниження вібрації у джерелі виникнення* (усунення або зниження збуджуючої сили  $F_m$ );
- *вібродемпфування* за рахунок збільшення активної складової повного механічного опору системи;
- *динамічне гасіння вібрації* за рахунок збільшення реактивної складової опору системи.

Заходи *першої групи* повинні бути реалізовані ще на стадії конструювання машин і проектування технологічних процесів. При цьому особлива увага повинна приділятися виключенню або максимальному скороченню динамічних процесів, викликаних ударами, різкими прискореннями. Ці заходи співпадають із заходами захисту від механічного шуму.

*Вібродемпфування* засноване на зменшенні рівня вібрації шляхом перетворення енергії механічних коливань на теплову. Характеристикою вібродемпфування є *коефіцієнт втрат*.

*Вібродемпфування може бути реалізоване* в машинах з інтенсивними динамічними навантаженнями *шляхом застосування матеріалів із великим внутрішнім тертям*. Найбільш ефективними є сплави на основі систем мідь-нікель, нікель-титан і тому подібне, коефіцієнт втрат яких на 2-3 порядки вищий, ніж у чавуну. Велике внутрішнє тертя мають сплави кольорових металів, чавуни з малим вмістом вуглецю і кремнію.

Великий ефект при вібродемпфуванні досягається при *нанесенні спеціальних покриттів (пружнов'язких матеріалів) на магістралі, якими розповсюджуються структурні коливання* (трубопроводам та ін.).

Ще один спосіб реалізації вібродемпфування - *застосування поверхневого тертя*.

Динамічне *віброгасіння* здійснюють встановленням машин і агрегатів на фундаменти, масу яких розраховують так, щоб амплітуда коливань підшви фундаменту не перевищувала 0,1 - 0,2 мм, а для окремих споруд - 0,005 мм.

*Віброгасіння* реалізується за рахунок збільшення маси і жорсткості машин або верстатів. Для цього їх об'єднують в єдину систему з фундаментом анкерними болтами або цементною підливкою або ж встановлюють устаткування на опорних плитах і основах, які є віброгасячими.

Засоби *віброгасіння* за принципом дії підрозділяються на *динамічні* і *ударні* віброгасники. Перші з них є додатковими коливальними системами, що знаходяться в протифазі з коливаннями агрегату. За *конструкцією* такі віброгасники можуть бути *пружинними, гідравлічними, маятниковими*. Ударні віброгасники бувають наступних типів: *маятникові* (гасіння на частотах 0,4-2Гц), *пружинні* (2-10Гц) і *плаваючі* (більше 10Гц). Крім того, застосовуються ударні віброгасники *камерного типу*, аналогічні камерним глушникам шуму, які встановлюють на всмоктуючій і нагнітальній сторонах компресорів.

Окрім цього, *збільшення реактивної складової опору коливальної системи* може здійснюватися за допомогою *динамічних віброгасників*, які є коливальною системою, власна частота якої налаштована на основну частоту коливань певного об'єкта. Віброгасник жорстко кріпиться на вібруючому об'єкті, тому в ньому виникають коливання, що знаходяться в протифазі з коливаннями цього об'єкта.

У тих випадках, коли перераховані вище заходи захисту виявляються недостатньо ефективними і не вдається знизити рівень вібрації до допустимих значень, використовують *віброізоляцію*.

*Віброізоляція* полягає в зменшенні передачі вібрації від джерела до об'єкта (людині або приладу), який захищають за рахунок введення в систему додаткового пружного зв'язку. Віброізоляція є дешевшим способом зниження вібрацій, ніж установка устаткування на підвалинах, що гасять вібрації.

Як *віброізолятори* використовують різні матеріали і пристрої: *гумові і пластмасові прокладки; листові ресори; одиночні і складні циліндрові ресори; комбіновані віброізолятори (пружинно-ресорні, пружинно-гумові, пружинно-пластмасові і т. д.); пневматичні віброізолятори* (з використанням повітряних подушок). Широко використовують *комбіновані віброізолятори*, що складаються зазвичай із пружини і набору гумових прокладок.

Велике значення в боротьбі з вібрацією має *відхилення від режиму резонансу*, яке здійснюється або зміною характеристик системи або встановленням нового режиму.

Робітникам, що виконують роботу з ручним віброінструментом, повинні видаватися *засоби індивідуального захисту*. Це рукавиці, що гасять вібрацію, спеціальне взуття з використанням пружнодемпфуючих матеріалів. Робота з вібруючим приладом повинна проводитися в приміщеннях з опаленням з температурою повітря не менше 16°C при вологості (40 – 60)% і швидкістю руху повітря не більше 0,3 м/с.

### **Захист від електромагнітних випромінювань.**

#### Способи захисту:

- зменшення потужності джерела - зменшення параметрів випромінювання в самому джерелі (захист кількістю) - основні поглиначі - графіт, гума і т.п.;
- екранування джерела випромінювання робочого місця;
- виділення зони випромінювання (зонування території);
- встановлення раціональних режимів експлуатації установок;
- застосування сигналізації;
- захист відстанню (особливо ефективна для НВЧ);
- захист часом (від струму промислової частоти);
- засоби індивідуального захисту (спеціальні костюми).

Для реалізації цих способів застосовують: *екрани, поглинаючі матеріали, атенюатори, еквівалентні навантаження і індивідуальні засоби*.

*Екрани* призначені для ослаблення електромагнітного поля у напрямі розповсюдження хвиль. Ступінь ослаблення залежить від конструкції екрану і параметрів випромінювання. Істотний вплив на ефективність захисту має також матеріал, з якого виготовлений екран.

Товщину екрану, що забезпечує необхідне ослаблення, можна розрахувати. Проте розрахована товщина екрану зазвичай мала, тому вона вибирається з конструктивних міркувань. При потужних джерелах

випромінювання, особливо при довгих хвилях, товщина екрану може бути прийнята з розрахунку. *Товщина екрану* головним чином визначається *частотою і потужністю випромінювання* і мало залежить від використаного металу. Дуже часто для екранування застосовують *металеву сітку*. Екрани із сітки мають ряд переваг. Вони є видимими, пропускають потік повітря, дозволяють достатньо швидко ставити і знімати екрануючі пристрої.

Для захисту населення від *електромагнітних полів* навколо їх джерел створюють *санітарно-захисні зони (СЗЗ)*. В межах СЗЗ не допускається розміщення житлових будинків. Розмір СЗЗ визначається розрахунком і може складати від декількох сотень метрів до 1-2 км.

Для *електромагнітного випромінювання* на організм людини головним чином визначається *поглиненою енергією*. Відомо, що випромінювання, яке потрапляє на тіло людини, частково відбивається і частково поглинається. *Поглинена частина енергії електромагнітного поля перетворюється на теплову енергію*. Ця частина випромінювання проходить через шкіру і розповсюджується в організмі людини залежно від *електричних властивостей тканин* (абсолютної діелектричної проникності, абсолютної магнітної проникності, питомої провідності) і частоти коливань електромагнітного поля.

Окрім *теплової дії* електромагнітні випромінювання *викликають поляризацію молекул тканин тіла людини, переміщення іонів, резонанс макромолекул і біологічних структур, нервові реакції і інші ефекти*.

Із сказаного виходить, що при опромінюванні людини електромагнітними хвилями у тканинах її організму відбуваються складні фізико-біологічні процеси, які можуть бути причиною порушення нормального функціонування як окремих органів, так і організму в цілому.

Люди, що працюють під надмірним електромагнітним випромінюванням, зазвичай швидко стомлюються, скаржаться на головний біль, загальну слабкість, біль у ділянці серця. У них збільшується потовиділення, підвищується дратівливість, стає тривожним сон. У окремих осіб при тривалому опромінюванні з'являються

судоми, спостерігається зниження пам'яті, з'являються трофічні явища (випадіння волосся, ламкість нігтів і т. д.).

*Норми допустимого опромінювання* встановлюються для забезпечення безпечних умов для обслуговуючого персоналу джерел випромінювання і всіх оточуючих осіб.

*Напруженість електромагнітних полів на робочих місцях не повинна перевищувати:*

1) за електричною складовою:

- у діапазоні частот (60 кГц – 3 МГц) – 50 В/м;  
(3 – 30 МГц) – 20 В/м;  
(30 – 50 МГц) – 10 В/м;  
(50 – 300 МГц) – 5 В/м;

2) за магнітною складовою:

- у діапазоні частот (60 кГц – 1, 5 МГц) – 5 А/м;  
(30 МГц – 50 МГц) – 0, 3 А/м.

*Гранично припустима щільність потоку енергії електромагнітних полів у діапазоні частот 300 МГц – 300 ГГц і час перебування на робочих місцях і в місцях можливого знаходження персоналу, пов'язаного професійно з дією полів (окрім випадків опромінювання від антен, що обертаються і скануючих), взаємопов'язані таким чином:*

- перебування протягом робочого дня – до 0,1 Вт/м<sup>2</sup>;
- перебування не більш 2 г – (0,1 – 1) Вт/м<sup>2</sup>; в решту робочого часу щільність потоку енергії не повинна перевищувати 0,1 Вт/м<sup>2</sup>;
- перебування не більше 20 хв – (1 – 10) Вт/м<sup>2</sup> за умови користування захисними окулярами; в решту робочого часу щільність потоку енергії не повинна перевищувати 0,1 Вт/м<sup>2</sup>.

## **Нормування іонізуючих випромінювань і способи захисту від них**

Гранично припустимі рівні іонізуючих випромінювань встановлюються «Нормами радіаційної безпеки» (НРБ) і гігієнічними нормативами. Ці документи – основні правові нормативні акти в сфері радіаційної безпеки нашої країни. НРБ включають визначення і терміни радіаційної безпеки, встановлюють основні дозові межі, ГДК радіоактивних речовин у повітряній зоні, у воді відкритих водоймищ, допустимий вміст радіоактивних речовин в органах і т. п. На підставі нормативних вимог встановлюють порядок проведення робіт з джерелами іонізуючих випромінювань і забезпечення ліквідації радіоактивних відходів.

Норма радіаційної безпеки заснована на наступних принципах:

- не перевищувати встановлену дозову межу;
- виключити необґрунтоване опромінювання;
- знизити дозу опромінювання до можливого низького рівня.

Відповідно до НРБ встановлені наступні категорії опромінюваних осіб:

- *категорія А* (персонал) — особи, які постійно або тимчасово працюють з джерелами іонізуючих випромінювань;
- *категорія Б* — обмежена частина населення, що проживає поряд з підприємствами, на яких знаходяться радіоактивні джерела;
- *категорія В* — решта населення країни.

Різні органи людини (і тварин) мають певну чутливість до іонізуючих випромінювань. Відповідно встановлено *три групи критичних органів*:

- I – усе тіло, гонади і червоний кістковий мозок;
- II – м'язи, жирова тканина, щитовидна залоза, печінка, нирки, селезінка, шлунково-кишковий тракт, легені, кришталик ока і інші органи (за винятком тих органів, які відносяться до I і III груп);
- III – шкірний покрив, кісткова тканина, кисті, передпліччя, кісточки і стопи.

*Гранично припустима доза (ГПД)* є найбільшою мірою індивідуальної *еквівалентної дози* на рік, за якої не виникають негативні явища в організмі за 50 років безперервної роботи.

Еквівалентна доза **H** (бер), накопичена в критичному органі за час **T** (років) спочатку роботи з джерелами, не повинна перевищувати величини

$$H = ПДВ \cdot T$$

Для забезпечення радіаційної безпеки слід виконувати наступні загальні принципи захисту:

- не перевищувати гранично припустимі дози;
- застосовувати метод захисту відстанню, часом;
- застосовувати захисні екрани, що ослаблюють іонізуючі випромінювання;
- використовувати засоби індивідуального захисту;
- застосовувати справні прилади індивідуального і загального контролю для визначення інтенсивності радіоактивного опромінювання;
- виконувати технічні, санітарно-гігієнічні і лікувально-профілактичні

заходи. Вибір захисного екрану слід проводити залежно від виду іонізуючого випромінювання. Для захисту від  $\alpha$  - випромінювання застосовують екрани з скла, плексигласу завтовшки в декілька міліметрів (шар повітря в декілька сантиметрів). У випадку  $\beta$  - випромінювання використовують матеріали з малою атомною масою (наприклад, алюміній), а частіше комбіновані (з боку джерела - матеріал з малою, а потім далі від джерела — застосовують матеріал з більшою атомною масою). Для захисту від  $\gamma$  - випромінювань застосовують матеріали з великою атомною масою і високою густиною (свинець, вольфрам), а також дешевші матеріали і сплави (сталь, чавун). Стаціонарні екрани виконують з бетону. Для захисту від *нейтронного опромінювання* застосовують берилій, графіт і матеріали, що містять водень (парафін, вода). Широко застосовуються бор і його сполуки для захисту від нейтронних потоків з малою енергією. У разі дії  $\gamma$  - випромінювання і нейтронних потоків застосовуються комбіновані екрани (свинець - вода, свинець - поліетилен, залізо - вода і ін. пари і комбінації).

При виконанні розрахунків захисних екранів слід враховувати:

- вид випромінювання і його спектральні характеристики;
- енергетичні характеристики іонізуючого випромінювання;

- час дії випромінювання (експозицію);
- режим роботи джерела випромінювання (безперервний, імпульсний, квазібезперервний, частота повторення імпульсів і т. п.);
- спрямованість випромінювання;
- геометрію іонізуючого випромінювання;
- відстань від джерела до персоналу;
- конструктивні особливості установок і джерел іонізуючого випромінювання;
- табличні дані і номограми, що дозволяють визначати поглинаючі властивості різних матеріалів і екстинкцію (ослаблення) іонізуючого випромінювання.



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Банников А.Г. и др. Основы экологии и охрана окружающей среды. – М.: Колос, 1999. – 304 с.
2. Білявський Г.О. та ін. Основи загальної екології: Підручник. – К.: Либідь, 1995. – 368 с.
3. Введение в экологию / под ред. Казанского Ю.А. – М.: ИЗДАТ, 1992. – 135 с.
4. Джигирей В.С. та ін. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища. Навчальний посібник. - Львів: Афіша, 2004. – 272 с.
5. Кизима Р.А. та ін. Екологія в будівництві: посібник / За ред. Кизими Р.А. – Рівне: НУВГП, 2005. – 220 с.
6. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. – Ростов-на-Дону: изд-во «Феникс», 2003. – 576 с.
7. Небел Б. Наука об окружающей среде. Как устроен мир, тт. 1-2. М.: Мир, 1993
8. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: учебное пособие для ВУЗов, М.: Агенство «ФАИР», 1998. – 328 с.
9. Строительная экология: учебное пособие / Тетиор А.Н. – К.: УМК ВО, 1991. – 276 с.
10. Экология города: Учебник. – К.: Либра, 2000. 464 с.
11. Злобін Ю.А. Основи екології / Підручник. – К.: Лібра, 1988. – 248 с.
12. Михайлов А.М. Охрана окружающей среды при разработке месторождений открытым способом – М.: Недра, 1991. – 184 с.
13. Куклев Ю.И. Физическая экология. – М.:Высш. шк., 2003. – 357 с.

Навчальне видання

**Галетич Ігор Костянтинович**

Конспект лекцій з дисципліни

**«ЕКОЛОГІЯ»**

(для студентів денної і заочної форм навчання

освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр,

напряму підготовки 6.050701 - «Електротехніка та електротехнології»)

Редактор *О. С. Кравцова*

Комп'ютерне верстання *Ю. П. Степась*

План 2009, поз. 38Л

---

Підп. до друку 09.12.2009	Формат 60х84 1/16	Умовн.-друк. арк. 5,7
Друк на ризографі	Тираж 50 пр.	Зам. №

---

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 731 від 19.12.2001